



GREEN-GRAY ASSESSMENT: CÓMO EVALUAR LOS COSTOS Y BENEFICIOS DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE EN LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA

ERIN GRAY, SUZANNE OZMENT, JUAN CARLOS ALTAMIRANO, RAFAEL FELTRAN-BARBIERI
Y GABRIELA MORALES

RESUMEN EJECUTIVO

Una nueva forma de evaluar la infraestructura

Un creciente número de investigaciones demuestran que la salud de las cuencas hidrográficas es un componente fundamental para el buen funcionamiento de los sistemas de infraestructura para el abastecimiento de agua. Cuando se utiliza la infraestructura verde para complementar, sustituir o proteger la infraestructura gris tradicional, se puede lograr una prestación óptima del servicio y generar ahorros de dinero para proveedores y consumidores de agua. (Browder et al. 2019). La protección, gestión y restauración estratégica de los sistemas naturales de las cuencas (comúnmente llamado infraestructura verde) puede, por ejemplo:

- Moderar mejor los flujos de sedimento y nutrientes, y mejorar la calidad del agua en la parte baja de la cuenca, ayudando a que los organismos operadores de agua cumplan con los estándares de calidad del agua (McDonald et al. 2016; Neary et al. 2009);
- Reducir los costos de los proveedores de agua en comparación con las opciones de infraestructura tradicional (Talberth et al. 2013a) y recuperar los costos de inversión (Kroeger et al. 2017; Ozment et al. 2018);
- Ayudar a mitigar los efectos del cambio climático y los riesgos hidrometeorológicos (p. ej., sequías e inundaciones) para evitar fallas e interrupciones en el servicio (American Forests 2003; EEA 2015), y
- Generar múltiples co-beneficios para las comunidades locales y la sociedad, tales como la recreación, mejoras en la salud pública y la captura de carbono (Abell et al. 2017; Ding et al. 2017).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo	1
Introducción	4
Pasos preliminares	5
Paso 1: Definir el objetivo de la inversión	10
Paso 2: Especificar los portafolios de inversión	12
Paso 3: Modelar resultados ambientales	17
Paso 4: Valorar los costos y beneficios	18
Paso 5: Realizar un análisis económico o financiero ...	23
Paso 6: Abordar el riesgo y la incertidumbre	24
Presentar resultados e informar las decisiones	26
Glosario	28
Referencias	30
Reconocimientos	32
Acerca de los autores	32
Acerca de WRI	32

Los documentos de trabajo contienen investigaciones, análisis, hallazgos y recomendaciones preliminares. Se distribuyen para estimular el debate oportuno y los comentarios críticos, y para influir en el debate continuo sobre los problemas emergentes. Los documentos de trabajo pueden eventualmente publicarse en otra forma y su contenido puede revisarse.

Cita bibliográfica recomendada: Gray, E., S. Ozment, J. Carlos Altamirano, R. Feltran-Barbieri y G. Morales. 2019. "Green-Gray Assessment: Cómo evaluar los costos y beneficios de la infraestructura verde en los sistemas de suministro de agua". Documento de trabajo. Washington, DC: World Resources Institute. Disponible en línea en www.wri.org/publication/green-gray-assessment.

Cuadro 1 | Conceptos principales

- El método Green-Gray Assessment (GGA) es una metodología de seis pasos que puede aplicarse para investigar y valorar los costos y los beneficios de integrar la infraestructura verde (o natural) a los sistemas de suministro de agua existentes para mejorar su rendimiento.
- Cuantificar los costos de las inversiones en infraestructura verde en cuencas aguas arriba y los beneficios para los sistemas de suministro de agua puede aportar información para la toma de decisiones importantes por parte de proveedores de agua, entes reguladores y organizaciones dedicadas a la conservación y restauración de suelos.
- Antes de aplicar el método GGA, deberá comprender primero las condiciones del contexto local, involucrar a los actores y asegurarse de que el equipo que hará el análisis aplicando el método GGA cuente con los conocimientos adecuados. Estos pasos preliminares facilitan la recolección de datos y sirven para garantizar que los resultados del método GGA lleguen a los tomadores de decisiones y financieristas deseados.
- Este documento presenta una orientación paso por paso sobre cómo aplicar el método GGA, incluidos los pasos preliminares, e integra experiencias obtenidas a partir de cuatro análisis realizados con el método GGA en los que se examinó el retorno sobre la inversión de la restauración y la conservación forestal para proveedores de aguas en zonas urbanas en Brasil (Rio de Janeiro, São Paulo, Vitória) y México (Monterrey).

Por el contrario, el costo de no proteger las cuencas es muy alto. Un estudio a nivel global concluye que la degradación del suelo y el desarrollo de infraestructura en cuencas de las que se extrae agua ha aumentado en casi un 50 por ciento el costo por unidad de agua tratada en las grandes ciudades (McDonald y Shemie 2014).

Las ciudades y los proveedores de servicios de infraestructura que buscan reparar, modernizar o extender los sistemas de suministro de agua deberían considerar la infraestructura verde como una opción para la gestión hídrica. La solución óptima para ofrecer agua limpia de bajo costo a los residentes urbanos puede requerir de un equilibrio entre la infraestructura verde y la gris. Si bien algunas ciudades ya protegen las cuencas abastecedoras de agua mediante intervenciones como la conservación y la regeneración de bosques, aún debe examinarse esto para otras ciudades (McDonald y Shemie 2014). Generalmente, los proveedores de agua (que incluyen a los organismos operadores) y los entes reguladores, carecen de orientación clara sobre cómo identificar soluciones de infraestructura verde, cómo evaluar sus beneficios y cómo incluir la infraestructura verde en sus análisis financieros y procesos generales para la toma de decisiones. En consecuencia, las opciones de infraestructura verde suelen dejarse de lado.

Hay una clara necesidad de contar con orientación sobre cómo identificar y valorar las soluciones de infraestructura verde, e incorporarlas a los procesos de gestión y toma de decisiones de los proveedores de agua. Este documento y los análisis financieros complementarios realizados por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute - WRI) en América Latina (Feltran-Barbieri et al. 2018; Morales et al. 2019; Ozment et al. 2018, 2019) buscan abordar esta necesidad mediante guías prácticas sobre cómo aplicar el método Green-Gray Assessment (GGA) de WRI.

Acerca de este documento de trabajo

El método GGA es un proceso de seis pasos para comparar los costos y/o beneficios de inversiones en infraestructura verde y gris (ver Figura ES-1). Puede utilizarse para comparar cualquier combinación de portafolios u opciones de inversión en infraestructura verde y gris (o híbrida), en términos de beneficios netos o de rentabilidad, de modo que pueda tomarse una decisión de inversión inteligente. El GGA puede aplicarse para el análisis financiero de un usuario específico, por ejemplo, un proveedor de agua, o al análisis económico para examinar los costos y beneficios sociales más amplios.

Tomando como base los lineamientos precedentes del método GGA (Talberth et al. 2013a; Gray et al. 2014), este documento brinda una guía paso a paso que incluye los requisitos de información y datos, los tipos de análisis, las fuentes de datos y recomendaciones para superar los desafíos de la recolección de datos. Este documento también aborda los pasos preliminares a la aplicación del método, incluyendo cómo comprender el contexto local, el involucramiento de actores, y la consolidación de un equipo con habilidades idóneas para desarrollar un análisis GGA exitoso (ver Tabla ES-1).

El texto retoma las experiencias y los resultados de varios estudios recientes que aplican el método GGA (Talberth et al. 2013a; Talberth et al. 2013b; Kroeger et al. 2017), al igual que nuevos desarrollos basados en la aplicación del método GGA para cuatro nuevos casos de estudio en América Latina (Tabla ES-1).

Mientras que la infraestructura verde puede aplicarse a una amplia gama de servicios de infraestructura, este documento guía destaca especialmente la aplicación del método GGA para la evaluación de los costos de integrar la infraestructura verde a los sistemas de infraestructura de agua construidos, y los beneficios para los proveedores de agua (particularmente en materia de calidad del agua por la gestión de sedimentos), que son los enfoques de los cuatro análisis financieros recientemente realizados por WRI y sus socios en América Latina. (Ver resumen en Tabla ES-1). Los detalles de estos casos de estudio están disponibles en publicaciones

Figura ES-1 | Resumen de los pasos preliminares (PP) del método GGA y del análisis



Fuente: WRI, basado en Talberth et al. 2013a.

Tabla ES-1 | Estudios realizados con el método Green-Gray Assessment que informan estos criterios

LUGAR DEL ESTUDIO	OBJETIVO DE GESTIÓN DEL AGUA			
	Contaminación de sedimentos	Cantidad de agua	Recarga de acuífero	Control de inundaciones
San Pablo, Brasil (sistema de suministro de agua de Cantareira)	X	X		
Río de Janeiro, Brasil (sistema hídrico Guandu)	X			
Vitória, Brasil (cuenca del río Jucu)	X			
Monterrey, México (cuenca del río San Juan)			X	X

Fuentes: Feltran-Barbieri et al. 2018; Morales et al. 2019; Ozment et al. 2018, 2019.

separadas y son útiles para complementar este documento (Feltran-Barbieri et al. 2018; Morales et al. 2019; Ozment et al. 2018, 2019).

La audiencia objetivo de este trabajo incluye tanto a inversionistas del sistema de suministro de agua (p. ej., sistemas de agua y drenaje, organismos operadores, proveedores de agua, y gobiernos de las ciudades) como a quienes aplican habitualmente herramientas de apoyo para la toma de decisiones, considerando por ejemplo el análisis costo beneficio (ACB) para incidir o ayudar a los tomadores de decisiones en la selección de las mejores inversiones en infraestructura (p. ej., consultores u organizaciones no gubernamentales como aquellas dedicadas a la conservación del suelo). Los lectores notarán que les será útil contar con algunas bases en materia de análisis económico y financiero para inversiones en infraestructura hídrica, así como conocimientos sobre los servicios ecosistémicos de los bosques.

Además de comparar portafolios de inversión en infraestructura, existen otros usos para el marco metodológico del GGA. El GGA puede utilizarse para:

- Enmarcar de manera consistente los costos y beneficios, para facilitar la comparación de la infraestructura verde en diferentes lugares de estudio, así como el análisis de transferencia de beneficios;
- Estandarizar la incorporación de la infraestructura verde entre las herramientas de apoyo para la toma de decisiones, utilizadas actualmente por los operadores y proveedores de agua;
- Promover el cuestionamiento de los análisis financieros y económicos para las decisiones de inversión en infraestructura que no consideren adecuadamente las inversiones en infraestructura verde;
- Identificar las necesidades de recolección de datos para planear procesos robustos de monitoreo y evaluación de las inversiones en infraestructura verde (que más adelante puedan someterse al método GGA), y
- Diseñar mejor las intervenciones en infraestructura verde para atender las necesidades e inquietudes de los actores relevantes, como posibles inversionistas.

INTRODUCCIÓN

El GGA fue originalmente desarrollado por WRI en 2013, a partir de la necesidad de los inversionistas en infraestructura de contar con una manera consistente y robusta de incorporar la infraestructura verde a los procesos de toma de decisiones (Talberth et al. 2013a; Gartner et al. 2013). Está constituido por una metodología de seis pasos basada en la teoría de inversión financiera y económica tradicional, aunada a las herramientas de apoyo a la toma de decisiones como el ACB, que permiten comparar fácilmente portafolios de inversión en infraestructura verde, gris e híbrida. Los pasos se basan en aquellos que caracterizan generalmente los ACB o análisis de costo-efectividad (ACE) para la toma de decisiones en infraestructura.

Si bien este documento retoma información de diversos estudios recientes (Talberth et al. 2013a; Talberth et al. 2013b; Kroeger et al. 2017), su énfasis está en las lecciones aprendidas de los cuatro análisis financieros realizados por WRI y sus socios en Brasil (San Pablo, Río de Janeiro, y Vitória) y en México (Monterrey) (ver Tabla 1A–1D para un resumen de estos cuatro estudios). Los socios que participaron en estos GGA incluyen a la Fundación FEMSA, The Nature Conservancy, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, el Instituto BioAtlántica, la Fundación Grupo Boticario y el Proyecto Capital Natural (NatCap). Cada estudio planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los costos de integrar la infraestructura verde a los sistemas hídricos planeados o existentes, en comparación con los beneficios para los operadores y proveedores de agua? Cada estudio comparó los costos de inversión y mantenimiento de portafolios de infraestructura verde o infraestructura híbrida verde y gris en partes altas de la cuenca, con los beneficios o los costos evitados para los organismos operadores de agua (es decir, los sistemas de provisión y saneamiento de agua) en el área metropolitana.

La experiencia de llevar a cabo estos análisis destacó la importancia de tres pasos preliminares que también son importantes para que el método GGA sea exitoso: comprender el contexto local, involucrar actores clave y asegurarse de que el equipo que llevará a cabo el análisis cuente con las habilidades o conocimientos necesarios. Estos pasos preliminares y los seis del análisis se resumen en la Figura 1.

Estructura del documento

El presente trabajo lleva al lector a través de los tres pasos preliminares y los seis pasos principales del método GGA, describiendo qué información y datos son necesarios, y cuáles son los productos obtenidos. La información y los datos requeridos se presentan como preguntas o tareas que deben ser resueltas por el equipo que realiza el análisis. El documento concluye brindando recomendaciones sobre cómo presentar los resultados del estudio a los actores clave y los usos alternativos del marco metodológico GGA, más allá de la elaboración de un análisis económico o financiero.

Figura 1 | Resumen de los pasos preliminares (PP) del método GGA y del análisis



Fuente: WRI, basado en Talberth et al. 2013a.

PASOS PRELIMINARES

Antes de emprender un estudio con el método GGA, deben realizarse algunos pasos previos para facilitar la acotación del contexto y alcance de la investigación, la recopilación de datos y la comunicación de resultados. Estos incluyen comprender el contexto local, involucrar a los actores clave y garantizar que el equipo cuente con los conocimientos adecuados. La Figura 2 muestra un resumen de estos pasos e incluye qué información y datos son necesarios, al igual que los productos obtenidos.

Comprender el contexto local

Recopilar datos sobre las condiciones clave del contexto antes de iniciar el análisis puede ahorrar tiempo y garantizar que la pregunta de investigación para la adopción del método GGA tenga el alcance y sentido apropiados para los tomadores de decisión. El resultado de este proceso deberá ser la documentación consolidada de las condiciones contextuales que se describen a continuación, las cuales definen la pregunta de investigación del GGA y los parámetros del análisis.

Sistema de suministro de agua actual y futuro

Comprender los componentes de la infraestructura tanto actual como proyectada del sistema de abastecimiento de agua objetivo ayudará a definir el área del estudio que será evaluada, y podrá evidenciar los desafíos relacionados con la gestión hídrica del territorio, tales como la contaminación por sedimentos o las inundaciones, que podrán ser abordados por las soluciones de infraestructura verde y el método GGA.

Información y datos necesarios:

- Describa el sistema de infraestructura hídrica actual y sus componentes (p. ej., reservorios, presas, acuíferos, plantas de tratamiento de agua, tuberías).
- ¿Hay inversiones en infraestructura planificadas? y, en caso de haberlas, ¿cuáles son los tiempos previstos para su implementación?
- ¿Quiénes son los propietarios y operadores de la infraestructura hídrica actual y proyectada a futuro?
- ¿Cuáles son las motivaciones subyacentes a las inversiones futuras en infraestructura hídrica (p. ej., requisitos normativos)?

Figura 2 | Resumen de los pasos preliminares, información y datos necesarios y productos

Pasos preliminares	1. Comprender el contexto local	2. Involucrar a los actores interesados	3. Garantizar que el equipo cuente con los conocimientos adecuados
Información y requisitos de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de suministro de agua actual y futuro - Estructura de la gestión del agua - Estado de la cuenca y usos del suelo - Desafíos que representa la gestión del agua - Programas de infraestructura verde - Trabajos de valoración del ecosistema - Observación de datos existentes y trabajos de modelación 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversionistas - Proveedores de servicios de conservación y restauración de suelos - Coordinadores - Organismos de aprobación - Intermediarios - Expertos técnicos - Grupos de divulgación en la comunidad - Beneficiarios del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Economía ambiental - Modelación biofísica/hidrología forestal - Conocimiento especializado local - Conocimiento especializado del sistema de suministro de agua - Estrategia, gestión y comunicación - Conocimiento especializado de financiación
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Alcance de la pregunta de investigación y de los parámetros del análisis 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa de los actores interesados - Estrategia para el involucramiento de los actores interesados 	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones del equipo que realiza el análisis

Fuente: WRI.

Estructura de la gobernanza del agua

Los elementos jurídicos e institucionales que rigen el sistema de suministro de agua definen los límites políticos del método GGA, lo cual podrá afectar la selección del área de estudio, así como también la definición de los actores clave y tomadores de decisión objetivo. Comprender los aspectos asociados a la gobernanza del agua a nivel local también servirá para detectar conflictos de intereses entre los actores y determinar la factibilidad jurídica de las intervenciones de infraestructura verde.

Información y datos necesarios:

- Describa los marcos normativos en relación con el manejo del agua.
- ¿Cuáles son los organismos de aprobación y regulación, y cuáles son sus roles en el sistema de abastecimiento de agua?
- ¿Cuáles son las limitaciones legales de las actividades de infraestructura verde y gris en el área?

Condiciones de la cuenca y usos del suelo

Las condiciones de la cuenca abastecedora y los usos del suelo del sistema de abastecimiento hídrico hacen referencia a los usos históricos, actuales y proyectados del suelo, los tipos de ecosistemas y sus servicios. Utilizar información sobre las tendencias de uso del suelo y amenazas para las áreas naturales (i.e., desarrollo agropecuario, desarrollo

urbano) puede informar sobre el tipo de inversiones en infraestructura verde relevantes para el área de estudio.

Información y datos necesarios:

- Proporcione mapas espaciales de las cuencas abastecedoras de agua donde se muestre la cobertura del suelo tanto histórica como actual.
- Describa todos los esfuerzos de planeación y proyecciones del uso de suelo con sus correspondientes mapas espaciales.

Desafíos para la gestión del agua

Primero, los investigadores deberán comprender los desafíos relacionados con la gestión del agua a los que se enfrentan los proveedores del servicio hídrico, tales como infraestructura degradada, degradación del suelo aguas arriba, o una creciente demanda de agua, a fin de desarrollar las posibles soluciones de infraestructura verde y los objetivos de inversión (es decir, los desafíos que puede abordar la infraestructura verde y los tipos de infraestructura verde más adecuados).

Información y datos necesarios:

- Proporcione una reseña de cada reto para la gestión hídrica en el territorio, incluida la temporalidad en que cada desafío ha representado un problema y qué esfuerzos se han realizado para abordarlo.

Tabla 1A | Resumen de casos de estudio con el método GGA, Río de Janeiro, BR^a

PASO 1	Objetivo de inversión	Reducción de sedimento para evitar el dragado, el tratamiento de la turbidez y el desgaste	
PASO 2	Portafolio de infraestructura verde	Objetivo de la reforestación*: 3000 ha	
	Plazo	30 años	
PASO 3	Resultados biofísicos	33 % de reducción en la producción de sedimentos en reservorios; 32 % de reducción de turbidez	
PASO 4	Costo de infraestructura verde	US\$32 millones	
	Beneficios (costos evitados)	US\$781 millones	
PASO 5	Resultados financieros	RSI	13 %
		VAN	US\$2 millones
		Amortización	26 años
	Tasa de descuento	8,5 %	
PASO 6	Parámetros del análisis de sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tasa de descuento: 5 a 12 % ■ Retención de sedimento (95 % de confianza): reducción de -12 % a +11 % ■ Costos de infraestructura verde: -63 % más bajos a +5 % más altos ■ Se aplican costos de oportunidad a áreas protegidas 	

Notas: * Las opciones de infraestructura verde abordadas fueron definidas por actores locales en función de planes actuales de conservación y factibilidad.

Fuente: a. Feltran Barbieri et al. 2018.

Tabla 1B | Resumen de casos de estudio con el método GGA, Vitória, BR^b

PASO 1	Objetivo de inversión	Reducción de sedimento para evitar el tratamiento de la turbidez y el desgaste	
PASO 2	Portafolio de infraestructura verde y gris	Objetivo de reforestación: 1200 ha; más instalación de un nuevo reservorio para almacenamiento de agua	
	Plazo	20 años	
PASO 3	Resultados biofísicos	9 % de reducción en la producción de sedimentos en reservorios; 43 % de reducción de turbidez	
PASO 4	Costo de infraestructura verde	US\$9 millones	
	Beneficios (costos evitados)	US\$23 millones	
PASO 5	Resultados financieros	RSI	40 %
		VAN	US\$2.5 millones
		Amortización	15 años
	Tasa de descuento	8,5 %	
PASO 6	Parámetros del análisis de sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> Tasa de descuento: 5 a 12 % Reforestación total de 3000 ha Costos más altos de infraestructura verde 	

Tabla 1C | Resumen de casos de estudio con el método GGA, San Pablo, BR^c

PASO 1	Objetivo de inversión	Reducción de sedimento para evitar el dragado, el tratamiento de la turbidez y el desgaste	Aumento de flujos estacionales de agua
PASO 2	Portafolio de infraestructura verde	Objetivo de reforestación*: 4000 ha	Objetivo de reforestación*: 4000 ha
	Plazo	30 años	30 años
PASO 3	Resultados biofísicos	36 % de reducción en la producción de sedimentos en reservorios; 50 % de reducción de turbidez	Flujo total anual de agua impactado +/-0,2 %; Impacto en producción de agua estacional +1 % a +1,2 %
PASO 4	Costo de infraestructura verde	US\$37 millones	US\$37 millones
	Beneficios (costos evitados)	US\$106 millones	No valorados
PASO 5	Resultados financieros	RSI	28 %
		VAN	US\$4,6 millones
		Amortización	23 años
	Tasa de descuento	9 %	No es posible hacer un análisis financiero debido a la falta de datos científicos y trabajos de modelación.
PASO 6	Parámetros del análisis de sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> Tasa de descuento: 5 a 12 % Retención de sedimento (95 % de confianza): reducción de 20 % a 43 % Costos de infraestructura verde: -51 % más bajos a +35 % más altos Se aplican costos de oportunidad a las áreas protegidas 	<ul style="list-style-type: none"> Captura de niebla vs. sin captura de niebla

Notas: * Las opciones de infraestructura verde consideradas fueron definidas por actores locales en función de planes actuales de conservación y factibilidad.

Fuentes: b. Ozment et al. 2019 (nota: resultados preliminares sujetos a modificaciones); c. Ozment et al. 2018.

Tabla 1D | **Resumen de casos de estudio con el método GGA, Monterrey, MX**

PASO 1	Objetivo de inversión	Recarga del acuífero ^d	Mitigación de riesgo de inundación ^e
PASO 2	Portafolio de infraestructura verde	Revegetación, mejoras en la gestión y la conservación del bosque	No identificado
	Plazo	30 años	30 años
PASO 3	Resultados biofísicos	No modelados	No modelados
PASO 4	Costo de infraestructura verde	No valorados	No valorados
	Beneficios (costos evitados)	No valorados	No valorados
PASO 5	Resultados financieros	No se pudo hacer un análisis financiero para informar las inversiones debido a la falta de datos científicos. Los productos incluyen una herramienta financiera y una nota técnica para evaluar los resultados financieros de la infraestructura verde para la recarga del acuífero. La herramienta permite a los usuarios variar los parámetros enunciados en la fila del análisis de sensibilidad.	No se pudo hacer un análisis financiero para informar las inversiones debido a la falta de datos científicos. El producto de este resultado ambiental incluye un documento técnico (white paper) sobre cómo estimar los beneficios de mitigar el riesgo de inundación.
	RSI		
	Amortización		
	Tasa de descuento	10 %	10 %
PASO 6	Parámetros del análisis de sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tasa de descuento ▪ Parámetros de infiltración ▪ Costos de gestión y conservación ▪ Precipitación anual ▪ Secuenciación de componentes de infraestructura verde ▪ Priorización para cada componente de infraestructura verde ▪ Área objetivo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No identificado

Fuentes: d. Morales et al. 2019; e. nota técnica interna (sin publicar).

Programas de inversión y esfuerzos de planificación en infraestructura verde

Es probable que ya haya esfuerzos en marcha para planificar e invertir en infraestructura verde y que estos puedan utilizarse para aportar información al método GGA. Tal vez ya se hayan modelado portafolios de infraestructura verde, pero no se hayan realizado análisis económicos o financieros. Esto puede ayudar a los investigadores a determinar hasta qué punto deberán desarrollarse nuevos portafolios de infraestructura verde, y si serán necesarios nuevos trabajos de priorización.

Información y datos necesarios:

- Describa los proyectos de infraestructura verde existentes o planificados, sus objetivos y su escala financiera.
- Describa los portafolios de infraestructura verde y su lógica subyacente.
- Proporcione el cronograma previsto de las actividades.

Esfuerzos de valoración del ecosistema

De manera creciente, los proyectos de infraestructura verde son implementados por alianzas multisectoriales para obtener múltiples beneficios. Revisar la literatura existente sobre los diversos valores de los servicios de un ecosistema puede aportar información de contexto para saber cuál podría ser el grupo de beneficiarios de la infraestructura verde y determinar si algún co-beneficio debería incluirse en el método GGA.

Información y datos necesarios:

- Describa todos los estudios relevantes sobre valoración de servicios ecosistémicos realizados en el área objetivo y en áreas con condiciones similares de clima y vegetación.

Observación de datos existentes y trabajos de modelación

Existen muchos modelos biofísicos para entender cómo el cambio en el uso de suelo puede afectar la provisión de beneficios relacionados con el agua, tales como la reducción de sedimentos y el incremento en el abastecimiento de agua. Es de utilidad investigar si se han realizado modelaciones del sistema de suministro de agua y las cuencas abastecedoras, en caso de que estos puedan aprovecharse o mejorarse.

Información y datos necesarios:

- Enumere y describa los ejercicios de modelación biofísica más relevantes.

Involucre a los actores clave desde el comienzo

La aceptación y el apoyo de los actores es fundamental no solo para facilitar la recolección y verificación de datos, sino también para garantizar que los resultados lleguen a los tomadores de decisiones y motiven a los actores a invertir e implementar las soluciones de infraestructura verde.

Los productos de este paso deben ser un mapa de actores y una estrategia para su involucramiento. Hacer un mapa de actores permitirá identificar a aquellos que deberían participar durante el proceso GGA. Ozment et al. (2016) proporcionan una reseña de los actores clave para establecer programas de inversión en cuencas, que aborden la gestión forestal para el agua potable: inversionistas (tanto beneficiarios del proyecto como propietarios e instituciones financieras), proveedores de servicios de restauración y conservación de suelos, coordinadores, organismos de aprobación, intermediarios entre los inversionistas y los propietarios, expertos técnicos, y grupos de divulgación en la comunidad. Es de crucial importancia involucrar al proveedor o empresa de servicios de agua desde el principio para aumentar su confianza en los resultados del análisis y, de este modo, incrementar la adopción de los resultados en los procesos de toma de decisiones.

Una estrategia para involucrar a los actores define qué actores involucrar, cuándo, cómo y por qué. Los actores deberán participar activamente durante el análisis para verificar y contrastar los resultados, asegurándose de estar de acuerdo con el análisis.

La participación temprana de los actores también es importante para el desarrollo de una estrategia de comunicación que permita socializar los resultados y comprender qué tipo de mensaje es más idóneo para cada tomador de decisión (Waite et al. 2014). La última sección de este documento proporciona recomendaciones sobre cómo presentar los resultados ante diferentes públicos.

Asegúrese de que el equipo cuente con los conocimientos adecuados

Las habilidades requeridas por el equipo que aplicará el método GGA dependerán de las condiciones contextuales locales y de la disposición de los actores para participar. El resultado de este paso es contar con un investigador o un equipo de análisis con los conocimientos requeridos para aplicar el método GGA. En general, es muy recomendable contar con las siguientes funciones o capacidades (y una persona podrá cumplir varias funciones a la vez):

- **Economía ambiental:** conocimiento especializado de la valoración de servicios de los ecosistemas, ACB y de ACE y análisis de sensibilidad, así como conocimiento de los costos y beneficios de las infraestructuras verde y gris.
- **Conocimiento especializado de modelación biofísica/hidrología forestal:** conocimiento técnico especializado del uso de resultados obtenidos a partir de modelos biofísicos, de bibliografía sobre hidrología forestal, e interpretación de los resultados y la incertidumbre de análisis biofísicos. Puede ser necesario que alguien realice o actualice un análisis geoespacial o un ejercicio de modelación biofísica.
- **Conocimiento y experiencia a nivel local:** capacidad y conexiones para recolectar datos a nivel local y reunirse con actores clave para comprender el contexto local, fomentar relaciones de confianza para acelerar la recolección de datos y la verificación, y para compartir los resultados.
- **Conocimiento especializado del sistema de abastecimiento de agua:** conocimiento técnico especializado para comprender la relación entre las inversiones forestales, los resultados para la gestión del agua y los impactos para los proveedores de agua. Un experto de la empresa local de servicios de agua o una persona con conocimientos de ingeniería u otros conocimientos técnicos puede cumplir esta función.
- **Estrategia, gestión y comunicaciones:** capacidad para dirigir las funciones de múltiples miembros del equipo, reunirse con los actores y liderar esfuerzos de comunicación para asegurar que el análisis sea relevante para la toma de decisiones (p. ej., preparación en tiempo y forma, y que el mensajero correspondiente lo entregue a las personas apropiadas).
- **Conocimiento especializado de financiamiento:** conocimiento especializado sobre el financiamiento de infraestructura verde para poder identificar y desarrollar estrategias financieras para la implementación efectiva de soluciones de infraestructura verde.

PASO 1: DEFINIR EL OBJETIVO DE LA INVERSIÓN

El paso 1 especifica el objetivo de la inversión para enmarcar el análisis; es decir, identifica lo que busca obtener el operador de agua a través de la inversión. También enmarca los límites geográficos y conceptuales del área de estudio. Los productos de este paso incluyen una expresión clara de la pregunta de investigación y de los parámetros principales del análisis, la especificación del tipo de análisis (p. ej., financiero vs. económico) y de la herramienta de apoyo para la toma de decisiones, y un mapa y una descripción del uso del suelo en el área de estudio. La Figura 3 muestra una reseña de estos productos y de la información y los datos requeridos.

Información y datos necesarios

¿Cuáles son los objetivos de la inversión y los resultados ambientales?

Los proveedores de agua invierten en nueva infraestructura, por lo general, por una o más de las siguientes razones (basado en Talberth et al. 2013a):

- Mitigar el riesgo de desastres (p. ej., por inundaciones o sequías).
- Cumplir con los objetivos de planificación (p. ej., contención/reducción de costos, prolongación de la vida útil de la infraestructura existente).
- Satisfacer un requisito de cumplimiento normativo.
- Satisfacer la necesidad de acceso a agua potable de una creciente o cambiante población urbana.

Las inversiones también se hacen para alcanzar un resultado específico. Los casos a los que se aplica el método GGA se limitan por lo general a inversiones que buscan un beneficio ambiental, y para los proveedores de agua, estos podrían incluir una menor contaminación del agua, la recarga del acuífero, o la mitigación del riesgo de inundaciones. Los inversionistas podrán estar interesados en uno o más resultados.

Un ejemplo de objetivo de inversión podría ser *reducir el volumen total de sedimentos (m^3) que llega a un reservorio de suministro de agua para prolongar la vida útil de la infraestructura existente de forma que maximice los beneficios netos*. Especificar el objetivo en forma cuantitativa con una métrica clara para el resultado ambiental garantiza que se tengan en cuenta todos los beneficios o costos, lo cual ayudará en la selección de una herramienta de apoyo apropiada para la toma de decisiones (p. ej., ACE o ACB). Si tomamos el ejemplo anterior de objetivo de inversión, mencionar explícitamente el interés de maximizar los beneficios netos resalta la necesidad de un ACB, en lugar de un ACE.

Además, el resultado ambiental (volumen total en m³ de sedimento que llega al reservorio de suministro de agua) se expresa en términos de una métrica específica que es relevante para un proveedor de agua.

¿Quiénes son los inversionistas?

Son quienes podrían potencialmente financiar las actividades de gestión del agua, incluyendo la infraestructura verde. Sus criterios para la toma de decisiones deberían considerarse para la selección de la tasa de descuento apropiada, el horizonte temporal y otros parámetros del análisis (Paso 5).

¿Quiénes son los beneficiarios y acreedores?

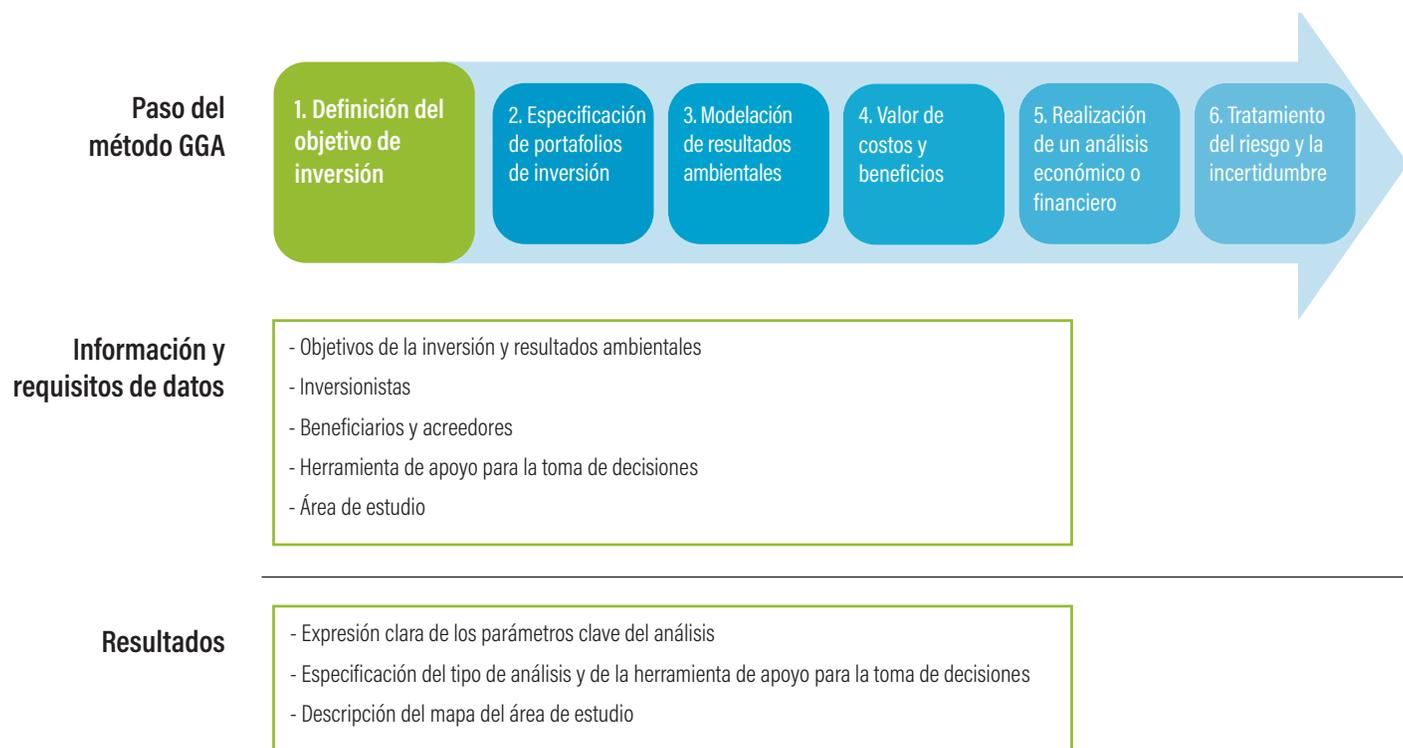
Identificar a las personas cuyos costos y beneficios son relevantes para el análisis es de crucial importancia para determinar si debería realizarse un análisis financiero o un análisis económico. Los beneficiarios se definen como los actores para quienes podría ser provechosa una inversión en infraestructura. Los acreedores son aquellos que podrían necesitar una compensación por los efectos de una inversión en infraestructura.

Un análisis financiero se centra en la manera en que una inversión afecta a un organismo en particular o a un subconjunto de actores como proveedores de agua u otros beneficiarios del proyecto. Un análisis económico se enfoca en la forma en que una inversión repercute en la sociedad o la economía en su conjunto y, por lo tanto, considera a un grupo mucho más amplio de beneficiarios y acreedores, incluyendo a aquellos afectados por externalidades o consecuencias positivas y negativas de una inversión.

¿Cuál es la herramienta de apoyo apropiada para la toma de decisiones?

La elección del objetivo de inversión junto con los beneficiarios y acreedores identificados debería determinar la herramienta de apoyo más adecuada para la toma de decisiones, tales como el ACB o el ACE.

Figura 3 | Resumen de información, datos necesarios y productos del Paso 1



Fuente: WRI.

Por ejemplo, si la meta es cumplir con un objetivo normativo al menor costo posible, un ACE sería probablemente lo más adecuado. Si los investigadores también están interesados en comprender los beneficios, entonces un ACB es el método idóneo, ya que compararía los beneficios netos de diferentes portafolios de inversión. Un análisis de criterios múltiples es otra herramienta que puede utilizarse cuando los datos cuantitativos son limitados, aunque este tema no es analizado en este documento.

¿Cuál es el área de estudio?

El área de estudio se refiere a los límites geográficos de interés para el método GGA. Sus límites están determinados por el sistema de abastecimiento de agua y las cuencas de las que se extrae agua. Los siguientes datos e información son necesarios para definir el área de estudio:

- La ubicación del sistema de abastecimiento de agua;
- La población cubierta por el sistema de abastecimiento de agua por tipo de consumidor (p. ej., comercial, residencial, agropecuario, industrial; esto sirve para identificar posibles beneficiarios y acreedores de las inversiones);
- Cuencas de las que se extrae agua y sus puntos de drenaje;
- La ubicación de las tomas de agua del sistema de suministro;
- Las fuentes del sistema de abastecimiento de agua (agua tanto superficial como subterránea);
- Límites políticos;
- Datos de uso y cobertura del suelo, incluidos los usos del suelo actuales e históricos;
- Datos sobre la propiedad del suelo donde se hallan las cuencas de las que se extrae agua, y
- Datos locales del clima y topografía.

Al final de este ejercicio, deberá elaborarse un mapa de uso actual del suelo que especifique la ubicación del sistema de suministro de agua y la ubicación de las tomas (tenga en cuenta que esto podrá alinearse con el Paso 3 sobre modelación biofísica). Otros datos e información podrán ser relevantes para debatir con los actores y para proyectar usos futuros del suelo (ver Paso 2).

PASO 2: DEFINIR LOS PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN

El segundo paso del método GGA es definir la combinación correcta de posibles portafolios de inversión en infraestructura verde y gris para modelar y comparar. Esto implica definir:

- Un portafolio de inversión en un escenario sin cambios (business as usual, BAU) o de línea base (es decir, en ausencia de un portafolio alternativo de inversión en infraestructura, ¿qué sucede con la infraestructura actual o proyectada, el cambio de uso y cobertura del suelo, y las condiciones financieras?).
- Portafolios alternativos de inversión en infraestructura, que podrían consistir en componentes de infraestructura solamente verdes, o verdes y grises. Para la infraestructura verde, entre los componentes más comunes se encuentran la conservación y regeneración forestal, o las mejores prácticas de gestión agrícola o forestal.

Los portafolios alternativos deben compararse con el escenario BAU para asegurar que los cambios en el objetivo de inversión se relacionen con la inversión en infraestructura alternativa y no con otras causas que hubieran podido suceder sin la inversión.

La Figura 4 muestra una reseña de los resultados y de la información y datos necesarios para este paso. Entre los resultados más importantes se encuentran mapas espaciales con las condiciones de uso del suelo en el escenario BAU y en el portafolio alternativo de infraestructura, la identificación de la infraestructura de abastecimiento de agua que podría verse afectada por un cambio en el resultado ambiental y las condiciones financieras del escenario BAU para la infraestructura de suministro de agua actual o proyectada, el horizonte temporal del análisis, y datos anuales sobre la priorización y la secuenciación de los componentes de infraestructura verde y gris para cada portafolio.

Información y datos necesarios - Portafolio de inversión en el escenario BAU

El portafolio de inversión en el escenario BAU representa lo que sucedería en ausencia de nuevas inversiones en infraestructura. Estas condiciones deberán definirse en función de las tendencias en el uso y la cobertura del suelo (land use and land cover (LULC) o mapas de cobertura y uso de suelo), la infraestructura de abastecimiento de agua y los costos financieros asociados.

Las tendencias del cambio climático también podrían abordarse en este paso o como parte del análisis de sensibilidad (Paso 6).

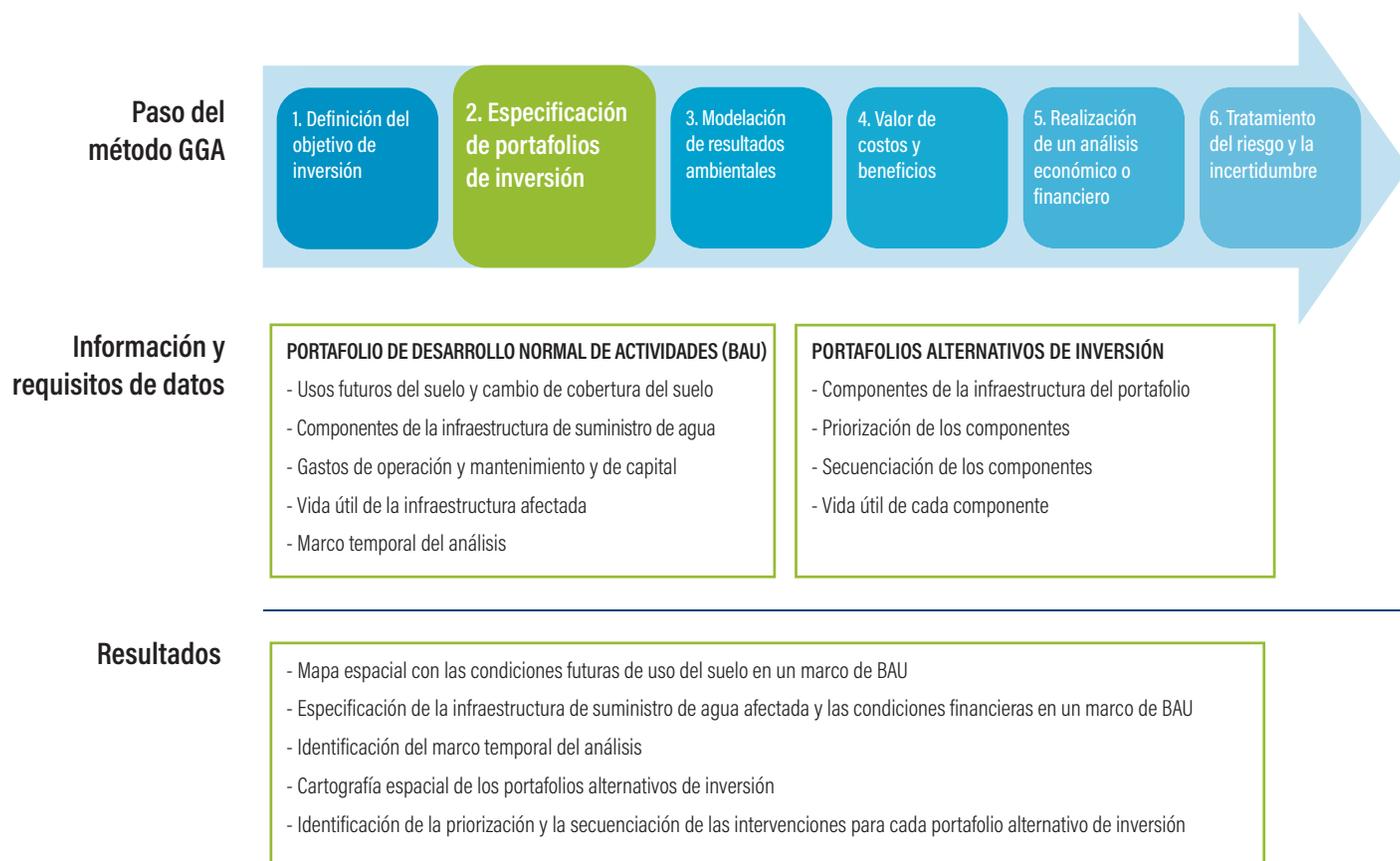
¿Cómo se modificará el LULC en ausencia de inversiones alternativas en infraestructura?

El LULC futuro, sin inversiones alternativas, puede identificarse proyectando las tendencias históricas del uso del suelo (recolectadas como parte de la descripción del área de estudio) o utilizando modelos más complejos que tengan en cuenta factores como las políticas futuras para el uso del suelo (ver Kroeger et al. 2017). En algunos casos en los que proyectar el LULC esté fuera del alcance, convendrá asumir que en el escenario base del LULC no presentará cambios a través del tiempo.

¿Qué componentes de la infraestructura de abastecimiento de agua, que ya están implementados o en proceso de planificación, se verán afectados por el cambio en LULC en el escenario base y por los resultados ambientales identificados?

En otras palabras, ¿qué efectos para el operador de agua podrían evitarse mediante la inversión en infraestructura alternativa? El Cuadro 2 muestra un ejemplo de cómo responder a esta pregunta, con base en Ozment et al. 2018, que evaluaron los costos y beneficios de invertir en infraestructura verde para un mejor control de sedimentos. Adicionalmente, la Tabla 6 en el paso 4 muestra las maneras en las que los objetivos de infraestructura verde tienen impacto en la infraestructura de suministro de agua.

Figura 4 | Resumen de información, requisitos de datos y productos del Paso 2



Fuente: WRI.

Cuadro 2 | Identificación de la infraestructura de suministro de agua afectada

Ozment et al. (2018) estimaron el retorno sobre la inversión en infraestructura verde para el proveedor de agua en São Paulo en términos de la reducción de la contaminación del sedimento. Trabajando con actores locales, el equipo de análisis detectó que, si la carga de sedimento aumentaba debido al constante cambio de uso del suelo en el escenario BAU, los reservorios y la planta de tratamiento de agua del proveedor de agua se verían afectados por la pérdida de capacidad de almacenamiento del reservorio o por la necesidad de dragado y remediación de la turbidez en la toma de la planta de tratamiento. La Figura 1 muestra un diagrama conceptual de este proceso.

FIGURA 1 | DIAGRAMA CONCEPTUAL EJEMPLO DE SAN PABLO (OZMENT ET AL. 2018) PARA IDENTIFICAR INFRAESTRUCTURA DE SUMINISTRO DE AGUA AFECTADA POR LAS INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURA VERDE (O LA FALTA DE ESTAS)



Fuente: WRI.

¿Cuáles son los costos de operación, mantenimiento y de capital asociados a la infraestructura afectada?

Especificar estos componentes de la infraestructura que enfrentarían desafíos, puede ayudar a establecer la agenda de investigación, para estimar las implicaciones financieras de los impactos de la infraestructura verde. El Cuadro 2 muestra un ejemplo: identificar la disminución de la capacidad de un reservorio como un impacto en la infraestructura sirve para enfocar las necesidades de investigación en torno a los costos de mantenimiento del reservorio, tal como el dragado. Identificar el aumento en la turbiedad como un impacto en la infraestructura, sirve para enfocar las necesidades de investigación en costos tales como el uso de químicos y la mano de obra en plantas de tratamiento de agua, y los costos de remoción de lodos.

¿Cuál es la vida útil de la infraestructura de suministro de agua afectada?

La vida útil de la infraestructura se define como el tiempo durante el cual un componente de infraestructura pueda desempeñar la función para la que fue diseñado. La vida útil de la infraestructura de suministro de agua debería servir para identificar el horizonte temporal del análisis (ver abajo).

También es útil para comprender y estimar (en el Paso 4) cómo las tasas de depreciación de esta infraestructura podrían verse afectadas por un cambio en el resultado ambiental.

¿Cuál es el horizonte temporal del análisis?

El horizonte temporal del análisis es el período en el cual se cuantifican los costos y los beneficios. Debería estar vinculado a los procesos de toma de decisiones que, para los proveedores de agua, dependen por lo general de la vida útil de los componentes principales de la infraestructura hídrica gris. El Cuadro 3 presenta una reseña de algunos criterios recientes para seleccionar un horizonte temporal apropiado para la evaluación de las opciones de inversión en infraestructura hídrica. No obstante, tenga en cuenta que algunos componentes de la infraestructura verde pueden generar beneficios en el largo plazo (más de 30 años). Se pueden utilizar múltiples horizontes temporales en el método GGA y comparar los resultados, lo cual podrá evidenciar la diferencia en costos y beneficios.

Información y requisitos de datos - Portafolios alternativos de inversión en infraestructura

Un portafolio alternativo de inversión en infraestructura está formado por uno o más componentes de infraestructura verde, o puede ser un híbrido con componentes de infraestructura verde y gris, direccionado hacia el objetivo de la inversión. Los portafolios pueden diferenciarse en función del tipo de componentes, el alcance o área geográfica de cada uno, o de su respectiva secuencia de implementación. La selección de portafolios deberá presentar opciones realistas para lograr el objetivo de inversión deseado. Es decir, los portafolios deberán tener en cuenta:

- Las normas pertinentes que afectan la planificación del uso del suelo (p. ej., el Código Forestal de Brasil o la Ley 12.651/12 de Protección de la Vegetación Nativa).
- La planificación actual e histórica, tanto para la infraestructura verde como para la gris.
- Evaluaciones de impacto ambiental y social de las posibles opciones de infraestructura.

Además, los portafolios deberán contar con la aceptación y el apoyo de los actores y expertos locales para garantizar que los resultados sean relevantes para la toma de decisiones. Por último, los portafolios deberán presentar una evaluación científica exhaustiva o una comparación de compensaciones.

¿Cuáles son los componentes individuales de la infraestructura que constituyen el portafolio?

Como primer paso, es necesario identificar y definir los componentes específicos de la infraestructura (p. ej., regeneración forestal, conservación, mejores prácticas de gestión) que son adecuados para el área de estudio. Como mínimo, el componente del portafolio debería evaluarse con base en los siguientes criterios:

- El componente contribuye al logro del objetivo de inversión deseado.
- Implementar el componente es técnicamente factible en función de, por ejemplo, el suelo disponible o la disposición de los propietarios para implementarlo.
- Los actores apoyan la implementación del componente (ERG 2015).

Los actores podrán definir de maneras diferentes los componentes de la infraestructura, tales como regeneración

Cuadro 3 | Pautas para determinar el plazo de tiempo

Los inversionistas en infraestructura (p. ej., agencias del gobierno, bancos de desarrollo) y las organizaciones dedicadas a la ingeniería podrán tener sus propios criterios para realizar ACB o ACE para seleccionar la mejor opción de inversión. Por ejemplo:

- La Comisión Europea (2014) advierte que el marco temporal para proyectos de inversión depende del sector y de las prácticas aceptadas internacionalmente. La comisión recomienda un plazo de 30 años para ACB de proyectos de infraestructura para aguas y aguas residuales.
- La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles afirma que la vida útil promedio de las plantas de tratamiento de agua (mecánicas y eléctricas) es de 15 a 25 años (EDRG 2011).
- En Brasil y México, se recomendó un período de 20 a 30 años para inversiones significativas en infraestructura hídrica, como reservorios (Sabesp 2011a; CEPEP 2015).

de bosques y conservación de bosques, por lo cual es importante definir claramente cada componente de infraestructura verde y las acciones necesarias para implementarlo.

¿Cómo se priorizan los componentes de la infraestructura?

La priorización de los componentes de la infraestructura se refiere a la forma en que los componentes de un portafolio se planifican en una escala espacial, de tal forma que la ubicación y el área puedan cuantificarse. Idealmente, se priorizaría el conjunto de componentes de infraestructura para maximizar beneficios y minimizar costos dado un objetivo de inversión determinado (p. ej., una reducción del 50 por ciento en la sedimentación en las cuencas de las que se extrae agua). No obstante, en la práctica los componentes de infraestructura verde se priorizan en función del presupuesto del proyecto.

Para los componentes de infraestructura verde, la priorización requiere de un mapeo y optimización espaciales para lograr el mejor resultado ambiental posible, ante limitaciones tales como aptitud del suelo, normas para el uso del agua y el suelo, y costo. Programas de software de modelación espacial tales como InVEST ofrecen una forma de priorizar las áreas de mayor impacto para dirigir estrategias de infraestructura verde, aunque también existen otros enfoques.

El producto de este ejercicio, deberá ser un mapa espacial del portafolio alternativo de infraestructura e información cuantitativa, sobre el área del componente de infraestructura verde. Puede que haya consideraciones especiales para la priorización de infraestructura verde, como la necesidad de incorporar sistemas de redundancia y reservas adicionales (p. ej., plantar acres adicionales de bosque en caso de incendio) (Talberth et al. 2013a).

En caso de que ya se hayan hecho esfuerzos para priorizar portafolios alternativos de infraestructura, el equipo de análisis deberá trabajar con los actores para comprender sus suposiciones subyacentes y asegurarse de que se mantenga el consenso sobre los esfuerzos de priorización acordados. Si los esfuerzos de priorización aún no se han establecido, es necesario trabajar con los actores correspondientes para desarrollar una estrategia.

¿Cuál es la secuencia de implementación para cada componente del portafolio?

La secuencia se refiere al orden y momento de la implementación de componentes específicos de la infraestructura. Los componentes de la infraestructura podrán instalarse a lo largo de varios años debido a limitaciones en el presupuesto, el personal y la participación de los propietarios, así como también por consideraciones biológicas y físicas, como el establecimiento de determinadas

plantaciones antes de que sea posible una nueva ronda de estas. Del mismo modo, la secuencia de eventos dirigidos a implementar infraestructura verde deberá tener en cuenta la variación estacional o interanual de los sistemas naturales, que puede afectar el nivel de beneficios obtenidos. La planificación de la secuencia y los tiempos para las instalaciones de infraestructura deberán analizarse con los desarrolladores del proyecto y otros actores, de modo que puedan estar reflejados con exactitud en el análisis anual de flujo de caja.

¿Cuál es la vida útil de cada componente de infraestructura?

Identificar la vida útil de cada uno de los principales componentes de la infraestructura es importante para comprender el flujo de costos y beneficios, y para saber cuándo deberían reinvertirse los costos iniciales. Además, comprender la vida útil de estos componentes puede servir para identificar un horizonte temporal alternativo para el análisis. No obstante, identificar la vida útil de la infraestructura verde puede ser difícil. Algunos componentes, como la infraestructura verde para aguas pluviales (p. ej., lagunas de bioretención), tienen una vida útil determinada, mientras que otros, como la conservación de bosques mediante servidumbres de conservación, duran siglos y dependen del comportamiento del propietario.

Tabla 2 | **Resumen de requisitos de datos a partir del modelo biofísico**

DATOS	USO
Versión de modelo utilizado	Para poder rastrear los datos de entrada, los productos, las fortalezas y debilidades del modelo de tal forma que los resultados puedan ser verificados por otros.
Entrada de datos y suposiciones	Para comprender las fuentes de datos subyacentes y obtener datos de los actores. (¿Se podrían mejorar las fuentes de datos? ¿Se utilizaron los mejores datos disponibles?)
Productos (y unidades)	Para comprender el cambio en los resultados ambientales a partir de condiciones de línea de base a causa de los portafolios de inversión. Para determinar si los productos deben traducirse en ulteriores impactos sobre la infraestructura gris (es decir, la necesidad de convertir la erosión del suelo en reducción de sedimentos, y la reducción de sedimentos en turbidez).
Enfoque de calibración y resultados	Para verificar si el modelo fue calibrado o no con datos locales, y cómo se desempeña comparado con datos de monitoreo.
Ritmo	Para determinar si el modelo se ejecuta en forma diaria, mensual o anual, o si el modelo está basado en eventos. Esto es necesario para interpretar resultados donde los costos y los beneficios se miden anualmente.
Condiciones de línea de base	Para asegurar que las condiciones de línea base en términos de uso del suelo y otros factores concuerden con las condiciones de línea base tomadas para el análisis (especificado en el Paso 2).
Resultados del análisis de sensibilidad	Para realizar un análisis de sensibilidad (Paso 6).
Limitaciones del modelo	Para realizar un análisis de sensibilidad (Paso 6) y reportar los resultados.

Fuente: WRI.

PASO 3: MODELAR RESULTADOS AMBIENTALES

El Paso 3 tiene como objetivo mostrar cómo la implementación de cada portafolio alternativo de inversión cambiará la obtención de resultados ambientales en comparación con el escenario BAU, y es específico para los componentes de infraestructura verde dentro de un mismo portafolio. El producto de este paso deberá ser una cuantificación anual del cambio en el resultado ambiental entre las condiciones del escenario BAU y el portafolio alternativo de infraestructura (ver Figura 5). Establecer cuantitativamente la relación entre el nivel de inversión en cualquiera de los portafolios alternativos de infraestructura y el objetivo de inversión requiere de una modelación biofísica de los escenarios con niveles aceptables de incertidumbre. Los niveles aceptables de incertidumbre pueden determinarse con la aportación de expertos y actores.

En situaciones en las que los recursos sean inadecuados para una modelación biofísica robusta, o no haya estudios locales sobre el desempeño de componentes de infraestructura verde, el conocimiento de expertos podrá servir para hacer estimaciones aproximadas. Estos lineamientos se centran en casos en los que la modelación biofísica esté disponible.

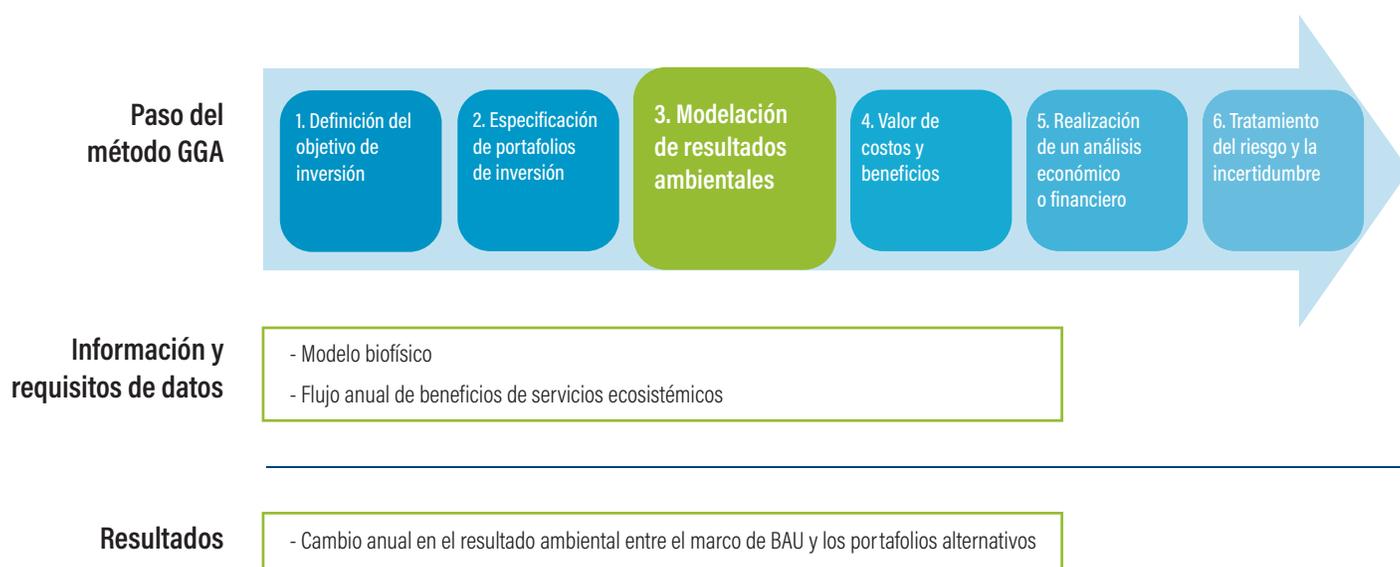
Información y datos necesarios

¿Cuál es el modelo biofísico más apropiado y qué datos deben ingresarse?

Al momento de seleccionar un modelo biofísico para diseñar y evaluar portafolios alternativos de inversión en infraestructura, es importante considerar la capacidad del equipo que esté aplicando el método GGA, y si los tomadores de decisiones respetarán y aceptarán el modelo. Existe una diversidad de modelos para estimar los resultados hidrológicos; una publicación reciente de Bullock y Ding (2018) proporciona pautas para seleccionar el modelo biofísico de servicios ecosistémicos más apropiado.

En caso de que los actores ya hubieran desarrollado un modelo para evaluar planes de proyectos de infraestructura verde, sigue siendo importante identificar las características y limitaciones del modelo para comprender los impactos de la modelación en los resultados del método GGA, y para conducir un análisis de sensibilidad (Paso 6) y analizar los resultados del método GGA con los actores. La Tabla 2 muestra un resumen de las características y datos clave del modelo. Una vez seleccionado el modelo, deberá ejecutarse para cada portafolio de inversión definido en el Paso 2 para determinar el cambio en el resultado ambiental entre el comienzo y el final del período de análisis.

Figura 5 | Resumen de información, requisitos de datos y productos del Paso 3



Fuente: WRI.

Posteriormente, se podrán comparar los portafolios para obtener la diferencia en resultados ambientales con respecto a la inversión en portafolios alternativos.

¿Cómo cambian los resultados ambientales a través del tiempo?

El método GGA debe tener en cuenta cualquier desfase temporal en la provisión de beneficios anualmente. A algunos tipos de infraestructura verde, como los bosques restaurados, les lleva tiempo madurar y alcanzar la funcionalidad plena o provisión total de beneficios. Los componentes de infraestructura gris, y algunos componentes de infraestructura verde como la conservación forestal, alcanzan la funcionalidad total de inmediato (Kroeger et al. 2017). La secuencia de la implementación de infraestructura a lo largo de varios años también puede dar lugar a un desfase temporal en la provisión de beneficios.

Estas dinámicas afectadas por el tiempo se pueden modelar, y las suposiciones de modelación, así mismo, deben incorporar la información de la bibliografía disponible, idealmente del área de estudio. En los casos en los que no haya bibliografía relevante disponible, probablemente se deban utilizar variables sustitutivas. En el caso de la regeneración de bosques como medio para reducir la sedimentación, por ejemplo, puede que los datos sean insuficientes para comprender cómo la regeneración de bosques resulta en una reducción de la sedimentación a través del tiempo, conforme la maduración del bosque. No obstante, se podrían utilizar variables sustitutivas como la estructura del bosque, o la densidad de dosel para caracterizar los beneficios de reducción de sedimentación a través del tiempo (ver Rafael-Barbieri et al. 2018).

PASO 4: VALORAR LOS COSTOS Y BENEFICIOS

El producto del Paso 4 es la monetización de los costos anuales de implementar cada portafolio alternativo de inversión y los beneficios anuales, de tal forma que los costos y beneficios puedan compararse en términos de valor actual en el Paso 5. Primero, es necesario identificar todos los componentes de costo y beneficio relevantes y sus impactos en la infraestructura hídrica existente en el área de estudio (identificada en el Paso 2), y seleccionar métodos para valorar los beneficios. La Figura 6 muestra una reseña de estos productos y de la información y datos requeridos.

Información y datos necesarios

¿Cuáles son los costos de implementar y mantener inversiones alternativas en infraestructura?

Los costos de la infraestructura verde y gris hacen referencia a los costos asociados a la implementación y el

mantenimiento del portafolio alternativo de inversión en infraestructura durante el marco temporal del análisis. Si bien los costos de la infraestructura gris son relativamente fáciles de estimar, y por lo general incluyen una inversión inicial y costos de operaciones y mantenimiento, los costos de la infraestructura verde también incluyen los costos de transacción y los costos de oportunidad. La Tabla 3 y las siguientes subsecciones proporcionan una definición para cada componente de los costos, así como ejemplos de gastos relacionados con la infraestructura verde.

No es habitual que los datos de costos estén convenientemente disponibles en este formato categórico. En consecuencia, es necesario trabajar con la entidad implementadora del portafolio de inversión para determinar cómo organizar los costos y, a partir de ello, determinar los costos correspondientes a estas cuatro categorías. Para el análisis, se deberán omitir otros costos que no se relacionen directamente con el proyecto, como gastos administrativos y de comunicaciones.

Costos iniciales de la inversión

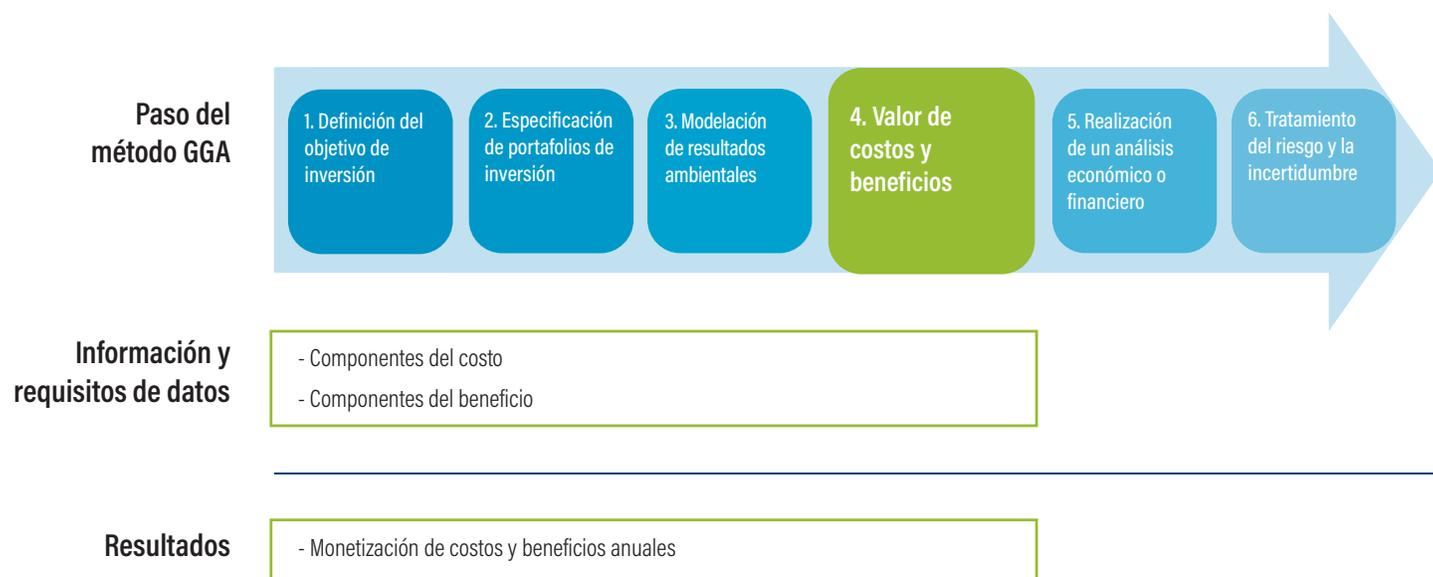
Los costos iniciales de la inversión incluyen el capital inicial, los gastos en materiales y los costos de mano de obra necesarios para implementar las actividades de infraestructura verde, tales como la regeneración y conservación de bosques. Lo ideal sería poder recolectar los datos de costo unitario por gasto (\$/acre) así como la vida útil de cada gasto. Por ejemplo, un equipo como un tractor puede tener una vida útil de 20 años, después de la cual deberá reemplazarse. Si el marco temporal del análisis es de 30 años, entonces el método GGA deberá captar el momento en el que sea necesario realizar gastos en equipos. No obstante, los gastos en adquisición de suelo serían una compra única al principio del proyecto. Algunos gastos, como plantas de semillero, podrán ser un gasto inicial por única vez, con gastos residuales en años futuros para cubrir la resiembra.

El mejor método de valoración es utilizar los precios de mercado para estos datos. Entre las posibles fuentes de información sobre costos de implementación de infraestructura verde, se encuentran los proveedores de conservación y restauración de suelos. La bibliografía y los conjuntos de datos locales, nacionales o incluso globales pueden servir como fuente de datos para variables sustitutivas.

Costos recurrentes de operación y mantenimiento (O&M)

Los costos de O&M incluyen los costos recurrentes para garantizar que los componentes de la infraestructura verde

Figura 6 | Resumen de información, requisitos de datos y productos del Paso 4



Fuente: WRI.

Tabla 3 | Componentes de costos y ejemplos

COMPONENTE DE COSTO	DEFINICIÓN	EJEMPLOS
Costos iniciales de la inversión	Los desembolsos iniciales en suelos y bienes de capital asociados a la implementación del portafolio de inversión.	Inversiones en suelo, plantas de semillero, cercos; gastos de capital en equipos, materiales e infraestructura; mano de obra para implementar la infraestructura.
Costos de operación y mantenimiento	Costos de mano de obra, equipos y materiales necesarios para garantizar que las inversiones en infraestructura se mantengan y funcionen bien.	Mantenimiento de intervenciones (p. ej., inspecciones de seguimiento a los árboles para asegurarse de que sobrevivan; replantación); pagos a propietarios.
Costos de transacción	Costos asociados al tiempo, el esfuerzo y los recursos destinados a buscar actores, iniciar, negociar y completar un acuerdo, y monitorear y hacer cumplir el acuerdo.	Costos de diseño, búsqueda, negociación, aprobación, monitoreo/verificación, cumplimiento, certificación y seguros.
Costos de oportunidad	Valor al que se renuncia al implementar el portafolio de inversión.	La mejor alternativa para el uso del suelo (p. ej., valor de arrendamiento de la tierra).

Fuente: WRI.

Cuadro 4 | Costos de transacción por programas de pago por servicios ambientales

Los costos de transacción para iniciativas de infraestructura verde pueden ser bastante altos y constituir una parte considerable del presupuesto del organismo a cargo de implementarlas. Una revisión de los costos de transacción para programas de pago por servicios ambientales (PSA) (Alston et al. 2013) para diversos servicios ecosistémicos en todo el mundo (incluyendo servicios de biodiversidad, carbono y del agua) concluyó que los costos de transacción se encontraban en algún lugar entre el 1 y el 66 por ciento de las ganancias generadas a través de los esquemas. Los costos de transacción más altos se dieron en proyectos sobre bienes públicos puros y en los casos con dificultades para el monitoreo y el cumplimiento. Los costos de transacción bajos se asociaron a proyectos que recurrían a instituciones preexistentes, eran de gran escala y carecían de un programa de monitoreo. En el caso de esquemas de PSA cuyo objetivo eran los servicios hídricos en México y Ecuador, el mismo estudio concluyó que los costos de transacción variaban entre 4 y 17 por ciento.

se mantengan a través del tiempo. Entre algunos ejemplos de costos de O&M se incluye la resiembra, el control de plagas, la limpieza de plantas de semillero, pagos a propietarios y sistemas de monitoreo. Al igual que los costos iniciales de inversión, los gastos de O&M deberán captarse, idealmente, sobre la base del costo unitario por componente de infraestructura. Es importante identificar la recurrencia de costos, ya que algunas actividades de infraestructura verde, como la colocación de cercos, pueden requerir ser reforzadas cada 10 años, en vez de cada año.

Costos de transacción

Los costos de transacción son, por lo general, más difíciles de definir y captar que los costos de inversión y O&M. Por lo general, los costos de transacción para iniciativas de infraestructura verde se definen como los costos asociados al “tiempo, esfuerzo y recursos necesarios para encontrar, iniciar, negociar y completar un acuerdo [para la conservación o restauración del suelo]” (Lile et al. 1998). Estos costos corresponden a los costos de hacer negocios u operar un proyecto.

Los tipos de costos de transacción podrán incluir el tiempo y el dinero destinados para el diseño del programa; la participación de los propietarios; contratación, monitoreo y cumplimiento; y certificación y aseguramiento. Alston et al. (2013), [1]Jindal y Kerr (2007), y Milne (2002) proporcionan descripciones detalladas de los componentes del costo de transacción para la infraestructura verde.

Si el presupuesto de un proyecto no tiene partidas específicas para los costos de transacción, estos podrán ser aproximados con base en la opinión de expertos.

Costos de oportunidad

Los costos de oportunidad se definen como el valor al que se renuncia al implementar el portafolio de inversión (es decir, restauración de la cuenca o esfuerzos de protección) y reflejan lo que el propietario “sacrifica” (es decir, retornos netos de otros usos del suelo). Dado que existen varios usos posibles para cualquier parcela, el costo de oportunidad se determina generalmente a partir del uso más común, o desde una perspectiva más conservadora, de la categoría de uso del suelo más costosa o productiva.

Los costos de oportunidad deberán estimarse para aproximar el valor neto de las actividades que se dejan de lado relacionadas con el suelo. En caso de que la intervención requiera que el propietario renuncie al uso del suelo (o a todas las actividades), los costos de oportunidad podrán valorarse a partir de precios de arrendamiento del suelo, que representan los ingresos que estas tierras podrían producir si no se restaurara ni conservara el bosque. El precio de arrendamiento del suelo se representaría como un valor anual, ya que representa una fuente de ingreso anual. Los datos de arrendamiento del suelo a menudo están disponibles a través de organismos agropecuarios y servicios de extensión (apoyo y asistencia al sector agropecuario).

Los requisitos legales pueden incidir en los costos de oportunidad. En Brasil, por ejemplo, el Código Forestal Brasileño exige que algunos suelos se restauren y conserven. En este caso, los costos de oportunidad de restaurar estos suelos podrían considerarse cero, ya que legalmente no se permite ningún otro uso del suelo.

¿Cuáles son los beneficios de implementar y mantener inversiones alternativas en infraestructura?

Los beneficios de los portafolios alternativos propuestos para la inversión en infraestructura se agrupan en dos categorías: beneficios directos y co-beneficios. Si se realiza un análisis financiero, los beneficios directos para la entidad, u organismos en cuestión, son el enfoque principal. Los co-beneficios se relacionan principalmente con la infraestructura verde y podrán incluirse si existe la posibilidad de que haya múltiples inversionistas co-invirtiéndose en un proyecto, para obtener diferentes beneficios o para plantear un caso de inversión social más amplia. Incluir los co-beneficios (en lugar de solo los beneficios directos) en el alcance de la evaluación podrá modificar la cantidad y la ubicación óptima de las áreas de prioridad, aumentar el retorno sobre la inversión (RSI), y/o aumentar las fuentes y el nivel de inversión. Sin embargo, se recomienda que los co-beneficios se describan al menos cualitativamente para un análisis financiero, de tal forma que los actores puedan tener una visión más holística de las opciones de inversión y hacer una mejor distinción entre los portafolios de infraestructura verde.

Tabla 4 | Ejemplos de impactos, costos y métodos de valoración para infraestructura verde y gris para el suministro de agua

RESULTADO AMBIENTAL	INFRAESTRUCTURA GRIS O VERDE AFECTADA	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO (CONDICIONES DE ESCENARIO BAU)	COSTOS EVITADOS	COSTOS ALTERNATIVOS	OTRAS OPCIONES DE VALORACIÓN
Reducción de la erosión	Reservorio de almacenamiento de agua	Pérdida de capacidad de almacenamiento de agua del reservorio	Costos evitados para la gestión del reservorio (p. ej., dragado)	Construcción de un nuevo reservorio	Disposición del público a pagar para mejorar la calidad del agua
	Central hidroeléctrica de embalse	Pérdida de capacidad de producción de energía	Costos evitados por la generación de la energía perdida	Costos de suministrar energía desde una fuente alternativa	
	Planta de tratamiento de agua	Incremento de la turbidez del agua en la toma	Costos evitados de productos químicos, mano de obra y energía asociados al tratamiento de la turbidez	Costos de ingeniería para el tratamiento del agua	
Depreciación mejorada de equipos			Costo evitado de reemplazar equipos antes de la vida útil estimada	Costos de tratar el agua en otra instalación	
Mejora del flujo estacional de agua	Fuentes de suministro de agua (p. ej., reservorios, fuentes de aguas superficiales)	Reducción de la disponibilidad de agua en tiempos de escasez	Costos evitados del transporte de agua	Costo alternativo de suministrar agua desde otras fuentes	Disposición del público a pagar para evitar una sequía
Mejora en la infiltración del agua subterránea	Acuíferos	Reducción de la disponibilidad de agua en tiempos de escasez	Costos evitados del transporte de agua	Costo alternativo de suministrar agua desde fuentes de aguas superficiales	Disposición del público a pagar para evitar una sequía
			Costos evitados de la sobre-explotación del acuífero (p. ej., costos por subsidencia o intrusión de agua salada)	Costos alternativos de mantener los niveles del acuífero a través de métodos artificiales (p. ej., inyección de agua)	
Mitigación del riesgo de inundación	Planta de tratamiento de agua, red de distribución del agua, sistemas de drenaje y recolección y reservorios	Daño a la infraestructura hídrica	Costos de reparación por daños	Costo de mejora en sistemas de diques aguas abajo; reubicación de estructuras de valor	Disposición del público a pagar para evitar interrupciones del servicio a causa de inundaciones
		Pérdida del uso de instalaciones e infraestructura (es decir, tiempo de inactividad)	Costos asociados a la interrupción del servicio	Costos de tener que tratar el agua en otro sitio o instalar una medida provisoria para el tratamiento	

Fuentes: CWC 2016; ERG 2015; Feltran-Barbieri et al. 2018; Kroeger et al. 2017; Monetization Working Group 2015; Morales et al. 2019; Ozment et al. 2018, 2019; Rodriguez-Osuna 2014.

Adicionalmente, presentar los co-beneficios es útil para generar conciencia y sumar más beneficiarios que podrían estar dispuestos a pagar por estos beneficios.

Beneficios directos

Los beneficios directos son aquellos beneficios devengados a beneficiarios específicos debido al cambio en el resultado ambiental. Existen diversos métodos de valoración para cuantificar los impactos sobre la infraestructura hídrica. Los siguientes métodos son los más comunes (CWC 2016):

- Costo evitado: reducción de los costos con respecto a las condiciones del escenario BAU que ocurriría a raíz de la inversión en un portafolio de infraestructura verde.
- Costo alternativo: es el costo de la forma más económica de proporcionar al menos la misma cantidad de beneficios concretos.
- Disposición a pagar: el monto que estaría dispuesta a pagar la población del área de estudio por el beneficio concreto.

La Tabla 4 muestra ejemplos de impactos en los sistemas hídricos (*sin* inversiones nuevas en infraestructura), ordenados de acuerdo con los cuatro resultados ambientales analizados en los casos de estudio.

Co-beneficios

Los co-beneficios incluyen los servicios ecosistémicos adicionales generados gracias a las actividades de restauración de la cuenca. Para identificar qué co-beneficios son relevantes, en primer lugar, revise la bibliografía específica sobre los principales ecosistemas del área (identificados en el Paso 2); y, en segundo lugar, consulte a expertos locales que estén familiarizados con la cuenca.

Para la cuantificación, los co-beneficios deben representar el cambio en la provisión de servicios ecosistémicos entre el escenario BAU y los portafolios alternativos de inversión. Como resultado, deberá establecer una línea de base y tendencias contrafactuales.

La Tabla 5 muestra una reseña de posibles co-beneficios derivados de la restauración de la cuenca. Existe una gran cantidad de documentos con lineamientos para valorar los servicios ecosistémicos (Ding et al. 2017; Markandya 2016). Además de los impactos ambientales, también podrán considerarse los beneficios sociales y económicos, pero para esto será necesario recolectar más datos.

Tabla 5 | Ejemplo de beneficios conjuntos de la restauración forestal

CATEGORÍA DE BENEFICIO DEL SERVICIO DEL ECOSISTEMA	BENEFICIOS CONJUNTOS	
Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alimentos silvestres ▪ Madera y otras fibras leñosas ▪ Productos forestales no maderables ▪ Combustible de biomasa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recursos genéticos ▪ Productos bioquímicos, farmacéuticos y medicinas naturales
Regulación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenimiento de la calidad del aire ▪ Regulación global del clima ▪ Regulación regional/local del clima ▪ Purificación del agua ▪ Mitigación de enfermedades 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenimiento de la calidad del suelo ▪ Mitigación de pestes ▪ Polinización ▪ Mitigación de riesgos naturales
Culturales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recreación y turismo (p. ej., senderismo, caza, pesca) ▪ Recreación 	
Soporte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protección de especies/ecosistemas 	

Fuentes: Pascual et al. 2010; Waite et al. 2013.

PASO 5: REALIZAR UN ANÁLISIS ECONÓMICO O FINANCIERO

Una vez establecido el valor de cada componente de los costos y beneficios, el próximo paso es comparar portafolios alternativos de inversión en infraestructura en términos de valor actual mediante un ACB o un ACE. Los portafolios de inversión pueden compararse en función de uno o más criterios de decisión, tales como el valor actual neto (VAN) o el RSI. Esto permite a los actores seleccionar el portafolio óptimo de inversión con base en los mayores beneficios netos o los menores costos de implementación. Esta sección brinda criterios sobre cómo seleccionar una tasa de descuento y qué criterios de regla de decisión aplicar para comprar costos o beneficios.

El resultado de este paso es una comparación de valores actuales de costos y beneficios para ACB o una comparación de todos los costos para ACE (ver Figura 7).

Información y datos necesarios

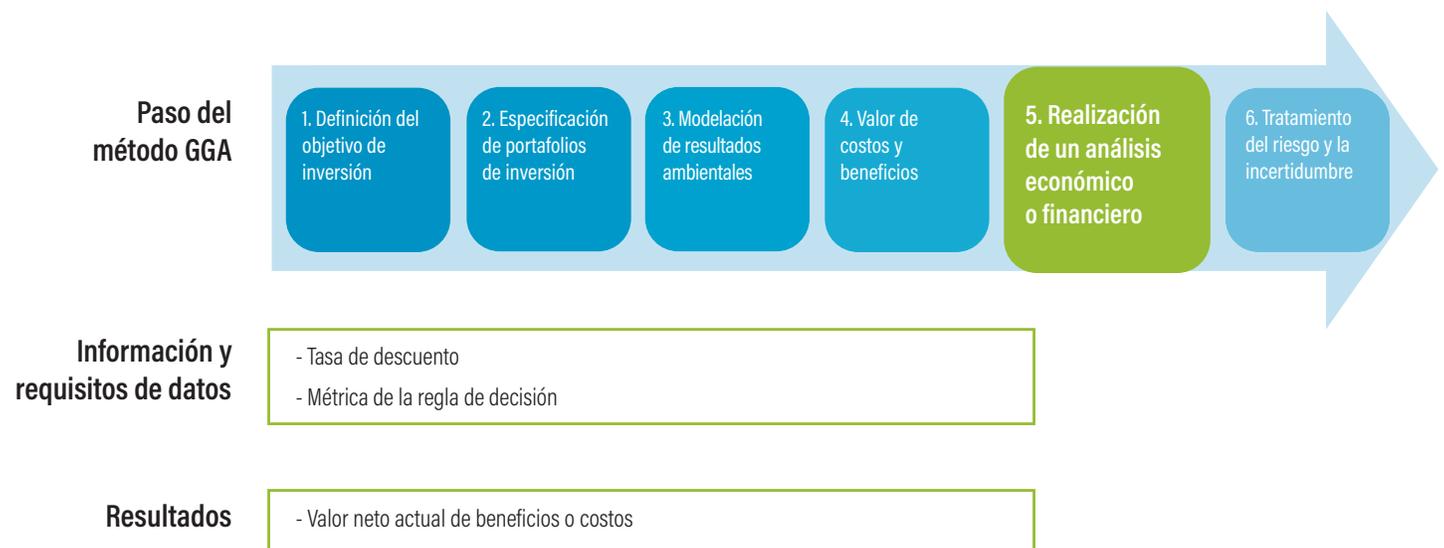
Seleccione una tasa de descuento

El flujo de costos y beneficios a lo largo del marco temporal debe descontarse del valor actual, de tal modo que puedan compararse (y para que puedan compararse los portafolios de inversión). Debería utilizarse una tasa de descuento

de referencia en el Paso 5, pero podrán aplicarse tasas de descuento adicionales durante el Paso 6 (análisis de sensibilidad). La tasa de descuento de referencia deberá seleccionarse en función de la tasa de descuento utilizada por los posibles inversionistas de infraestructura verde, ya sea la compañía de suministro de agua, el gobierno, un inversionista de impacto, un banco de desarrollo, o una combinación de estos.

La tasa de descuento deberá alinearse con el costo de oportunidad del capital si la compañía de suministro es una entidad privada. Si la compañía de suministro cotiza en bolsa, se podría usar la tasa social de descuento recomendada por el gobierno federal o las instituciones financieras que operen en la región. La tasa social de descuento refleja el modo en que la sociedad valora el tiempo y por lo general se aplica al considerar iniciativas de restauración de ecosistemas (U.S. EPA 2010; Verdone 2015). En general, las tasas de descuento social para iniciativas de infraestructura verde son más bajas (0 a 4 por ciento) que aquellas aplicadas para las inversiones en infraestructura pública gris (3 a 15 por ciento), lo cual refleja la naturaleza de largo plazo de los beneficios de la infraestructura verde (Campos et al. 2015; Verdone 2015). El Cuadro 5 brinda criterios adicionales sobre cómo seleccionar una tasa de descuento para inversiones en infraestructura hídrica, con base en la bibliografía reciente.

Figura 7 | Resumen de información, requisitos de datos y productos del Paso 5



Fuente: WRI.

Cuadro 5 | Pautas aplicables a tasas de descuento para inversiones en infraestructura hídrica en América Latina

Instituciones multilaterales como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo han utilizado tradicionalmente una tasa de descuento estándar constante de entre 10 y 12 por ciento para ACB, pero a menudo sin una justificación detallada (Campos et al. 2015). Lopez (2008) ofrece orientación más detallada y estima que una tasa de descuento estándar para América Latina es del 3 al 7 por ciento, dependiendo de las expectativas de crecimiento para la región (con una tasa de descuento mayor que sería más aplicable a un escenario de mayor crecimiento). Este trabajo propone el uso de una tasa de descuento más alta para análisis, que tengan un plazo más corto, con una tasa de descuento estándar recomendada de 4,4 por ciento para un plazo de 25 años.

En el caso de decisiones de inversión pública y privada específicas sobre el agua, el gobierno federal mexicano recomienda una tasa de descuento de 10 por ciento (Campos et al. 2015). España aplica una tasa de descuento estándar de 4 por ciento para los proyectos hídricos (Campos et al. 2015). En Brasil, la compañía de suministro de agua, Sabesp, utiliza un costo de oportunidad de capital de alrededor de 9 por ciento (Sabesp 2011b). Los expertos financieros en Brasil también recomiendan tener en cuenta la prima de riesgo de Brasil, cuyo promedio es de $2,56 \pm 0,904$ por ciento por año en los últimos 10 años según el Instituto de Investigación Económica Aplicada de Brasil (IPEA 2017).

Seleccione la métrica de la regla de decisión para comparar costos y beneficios

Se pueden utilizar varias métricas para comparar el valor actual de costos y beneficios (Pearce et al. 2006):

- El **VAN** compara el valor actual de los costos con el valor actual de los beneficios. Un VAN positivo indica una ganancia neta para los inversionistas.
- El **índice costo-beneficio** divide el valor actual de los beneficios totales entre el valor actual de los costos totales. Un índice mayor a uno indica una ganancia neta.
- El **retorno sobre la inversión** mide la ganancia o pérdida de una inversión dividiendo los beneficios netos entre los costos de inversión. Se calcula como un porcentaje.
- La **tasa interna de retorno** calcula la tasa de descuento en la que el VAN es cero. Se puede comparar con la tasa social de descuento.
- El **período de amortización** (años) expresa cuánto tiempo lleva recuperar los costos de inversión.

Para determinar qué métricas utilizar, lo mejor es discutir las con los actores y así comprender cuáles son las más importantes para las principales audiencias.

PASO 6: ABORDAR EL RIESGO Y LA INCERTIDUMBRE

El riesgo se relaciona con la distribución de probabilidad de que se dé un resultado, mientras que la incertidumbre existe cuando se desconoce la distribución de probabilidad (Waite et al. 2014). Entre los riesgos de la infraestructura verde se encuentran incendios, sequías, inundaciones y plagas de insectos (Talberth et al. 2013a). Tres tipos de incertidumbre conciernen a la infraestructura verde (Polasky y Binder 2012):

- **Conductual:** Incertidumbre sobre la forma en que una inversión podría influir en la conducta humana (p. ej., cómo responderán los propietarios a un programa de restauración de la cuenca).
- **Científica:** Incertidumbre sobre cómo las acciones humanas (por ejemplo, las actividades de restauración) afectarán los ecosistemas y la provisión de servicios ecosistémicos.
- **De valor:** Incertidumbre sobre la forma en que los cambios en los resultados ambientales afectan el bienestar humano (es decir, valores económicos y financieros).

Dado que estas fuentes de riesgo e incertidumbre pueden influir en gran medida en los resultados del proyecto, a menudo los resultados de un análisis de riesgo o sensibilidad tienen más valor para los actores que un valor de VAN o RSI final.

Esto se debe a que un análisis de riesgo o sensibilidad sirve para comprender mejor las relaciones entre variables y productos y, en consecuencia, ayuda a detectar si hiciera falta mayor o mejor información para facilitar la toma de decisiones.

El resultado de este paso incluye el cálculo de los cambios en los beneficios y costos netos finales en función de ajustes a las variables de incertidumbre (ver Figura 8).

Información y datos necesarios

Seleccione el método de análisis para abordar el riesgo y la incertidumbre

El riesgo y la incertidumbre se pueden abordar mediante distintos tipos de análisis. A continuación se muestran dos métodos comunes:

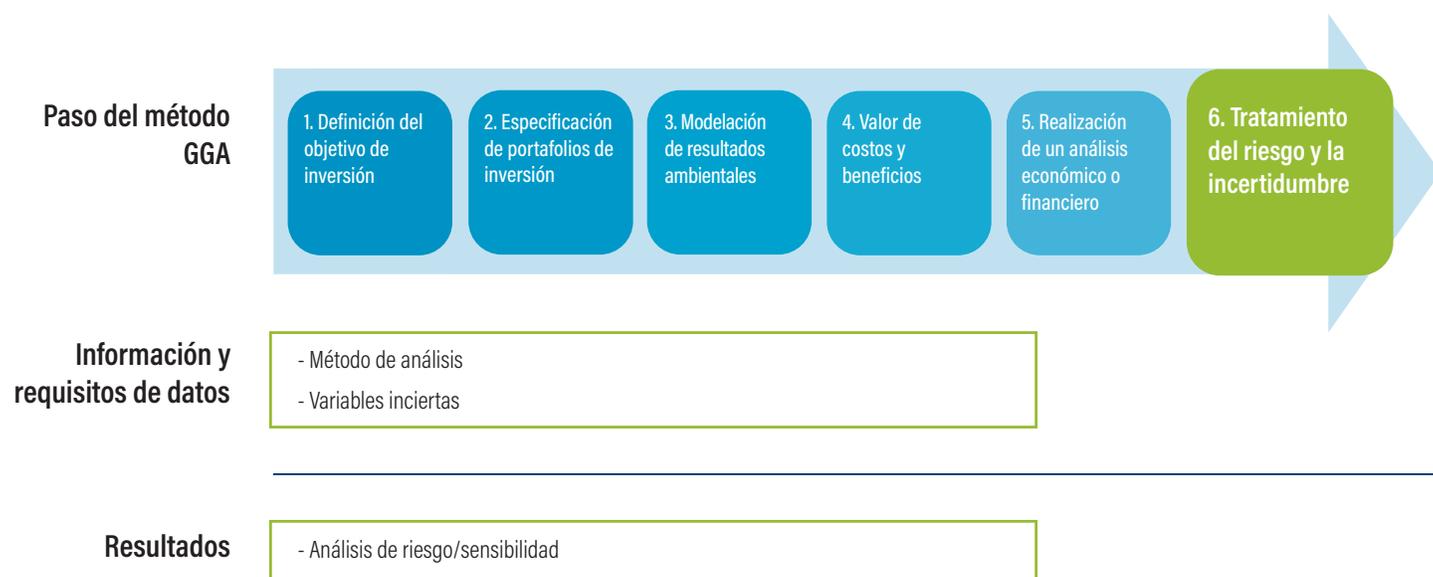
- **Análisis probabilístico o de riesgo:** El análisis de riesgo es apropiado cuando el extracto estadístico (es

decir, la distribución de probabilidad) de una variable se conoce, y cuando se considera que una variable es aleatoria. El análisis de riesgo permite la variación de más de una variable incierta a la vez. La simulación Monte Carlo es un método común para el análisis de riesgo; estima un rango de resultados posibles reemplazando valores en función de la distribución de probabilidad de la variable. También podría utilizarse un marco de utilidad esperada, que pondera el valor de cada posible resultado con la probabilidad de que ocurra. Este enfoque requiere de información sobre probabilidades y los valores de los posibles resultados (Polasky y Binder 2012).

■ El **análisis de sensibilidad** es apropiado para variables inciertas sin distribución de probabilidad. Se lleva a cabo modificando una variable independiente a la vez para observar cómo cambian los resultados. La selección de qué variables incluir deberá basarse en los siguientes factores:

- Hay incertidumbre de media a alta.
- La variable exhibe un comportamiento no lineal.
- La variable representa una proporción alta de los costos o beneficios totales.
- La variable tiene un alto impacto en los costos o beneficios totales.

Figura 8 | Resumen de información, requisitos de datos y productos del Paso 6



Fuente: WRI.

Seleccione variables para incluir en el análisis de riesgo o sensibilidad

Algunos análisis tienen muchas variables que hacen que sea demasiado complicado o lleve demasiado tiempo incluirlas todas en un análisis de sensibilidad. En esos casos, seleccione de tres a cinco variables principales con la mayor incertidumbre o impacto en los resultados. Para este proceso, se recomienda consultar a tomadores de decisiones clave, tales como el operador de agua.

PRESENTAR RESULTADOS E INFORMAR LAS DECISIONES

Hay muchas formas de mostrar los resultados de un análisis, y, en última instancia, dependerá de las necesidades de los actores a los que se desee llegar. Los proveedores de agua, expertos técnicos y organismos de aprobación tal vez deseen ver resultados más detallados y las suposiciones subyacentes del análisis, mientras que los socios promotores tal vez deseen ver materiales abreviados con mensajes y números que faciliten la difusión. Para los desarrolladores de proyectos que buscan mejorar los diseños de infraestructura verde, los resultados deberán enfocarse en presentar áreas de mejora.

A continuación, ofrecemos recomendaciones sobre cómo presentar y comunicar los resultados del método GGA. Estas recomendaciones se basan en las experiencias de los autores para superar los riesgos que perciben los operadores y proveedores de agua en la adopción de soluciones de infraestructura verde, y superar los retos de incorporar consideraciones financieras de la infraestructura gris a la planificación de la infraestructura verde.

- Dado que la infraestructura verde puede ser un concepto nuevo para los proveedores de agua y los inversionistas en infraestructura, es importante ser transparente sobre los supuestos y las incertidumbres del análisis, al presentar los resultados para abordar los riesgos científicos y financieros percibidos de la infraestructura verde. Recomendamos las siguientes formas de presentar los resultados y promover el apoyo por parte de los actores:
 - Muestre los resultados del análisis de sensibilidad junto con los resultados del análisis principal para exhibir un rango de hallazgos.

- Proporcione un apéndice técnico que muestre detalladamente las suposiciones, ecuaciones y hallazgos para facilitar la replicabilidad del análisis (ver, por ejemplo, Feltran-Barbieri et al. 2018; Ozment et al. 2018).
- Presente el flujo de beneficios, costos y beneficios netos a lo largo del tiempo, en vez de presentar únicamente los resultados finales del método GGA. Comprender el cambio anual en los costos, beneficios y beneficios netos es importante para que los posibles inversionistas comprendan cuándo podría esperarse un RSI positivo. Esta información también es útil en términos generales para que los actores comprendan mejor el comportamiento de las inversiones en infraestructura verde en términos de la provisión de servicios ecosistémicos.
- Los actores, especialmente los tomadores de decisiones, deberían participar en el desarrollo de los materiales finales del método GGA y en una estrategia de comunicaciones para promover la adopción de los resultados en los procesos de toma de decisiones. Esto servirá para asegurar que la audiencia objetivo cuente con la información necesaria para tomar decisiones mejor informadas. Involucrar a estos actores en etapas tempranas del proceso, incluso podría facilitar la recolección de datos durante el proceso del método GGA. Hacer un proceso iterativo para examinar conjuntamente los resultados y los supuestos, puede hacer que un conjunto más amplio de actores acepte los resultados finales (Waite et al. 2013).
- Presentar los resultados en forma visual es un mecanismo efectivo de comunicación. Se recomienda usar una combinación de tablas con datos cuantitativos, además de gráficos que muestren cambios anuales en resultados biofísicos, costos y beneficios para llegar a distintos tipos de audiencias. Además, los actores podrán utilizar estos gráficos en sus propias presentaciones. Los casos de estudio de WRI en América Latina (ver, por ejemplo, Feltran-Barbieri et al. 2018; Ozment et al. 2018, 2019) proporcionan ejemplos de presentaciones visuales que pueden replicarse.

Si bien este documento orienta a los lectores sobre cómo utilizar el método GGA, la información que contiene puede utilizarse también para otros fines.

- Los proveedores de agua y las entidades reguladoras podrán utilizar los lineamientos sobre las categorías de costos y beneficios, y los métodos de valoración para incluir la infraestructura verde en sus procesos de toma de decisiones, y estandarizar el abordaje de la infraestructura verde.
- Los proveedores de infraestructura verde podrán usar estos criterios para establecer mecanismos de recolección de datos desde el comienzo que faciliten el método GGA. Adicionalmente, podrán usar el método GGA para incorporar mejor en sus propios planes de conservación, datos financieros sobre la gestión del agua y los procesos de toma de decisiones de los inversionistas del sector hídrico.
- Una adopción generalizada del enfoque del método GGA por parte de todos los actores en cuestión, podría facilitar una comparación de los valores de la infraestructura verde en los sitios de estudio y favorecer el análisis de transferencia de beneficios. Aplicar de forma coherente los métodos de valoración y las categorías de costos y beneficios en los sitios de estudio, permitirá a los analistas comparar los valores de los costos y beneficios, y afinar la precisión de los resultados.
- Los desarrolladores de proyectos de infraestructura verde podrán utilizar el método GGA para diseñar intervenciones que aborden las necesidades e inquietudes de los actores en cuestión, tales como posibles inversionistas.
- Las ONGs y los académicos podrán usar estas pautas para criticar y verificar análisis financieros y económicos de infraestructura verde y gris.

GLOSARIO

Análisis de costo beneficio: Una herramienta de apoyo para la toma de decisiones que permite estimar y comparar los costos y el valor monetizado de los resultados deseados de una o más inversiones o acciones de política.

Análisis de costo efectividad: Una herramienta de apoyo para la toma de decisiones que permite estimar y comparar los costos y los resultados de una o más inversiones o acciones de política.

Análisis de retorno sobre la inversión: Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones utilizada habitualmente en un análisis financiero para estimar el retorno sobre una inversión relativo al costo de esa inversión.

Análisis de sensibilidad: Un estudio de cómo la incertidumbre en el resultado de un modelo matemático puede asignarse a diferentes variables independientes.

Beneficios directos: Beneficios derivados de un portafolio de inversión en infraestructura que se busca obtener directamente o, en otras palabras, que concuerdan con los resultados ambientales de interés.

Beneficios indirectos: Beneficios derivados de un portafolio de inversión en infraestructura que se consideran complementarios o beneficios conjuntos.

"Business as usual" (BAU): Lo que sucede en ausencia de una inversión en infraestructura. Se denomina habitualmente como condiciones contrafactuales o condiciones de línea de base.

Condiciones/tendencias contrafactuales: Ver "business as usual".

Conservación forestal: Prevención de la transformación forestal a causa de usos alternativos del suelo o degradación mediante la protección del área a través de, por ejemplo, servidumbres, compra o arrendamiento. A menudo, se le denomina simplemente protección (McDonald y Shemie 2014).

Costo de oportunidad del capital: La tasa de retorno que podría haberse obtenido invirtiendo la misma cantidad de dinero en una inversión alternativa con un perfil similar de riesgo (Pure H2O 2019).

Costos alternativos: La forma más económica de proporcionar al menos la misma cantidad de beneficio concreto (CWC 2016).

Costos de implementación: El capital inicial y los costos del suelo asociados a la implementación de un portafolio de inversión en infraestructura (Verdone 2015).

Costos de operación y mantenimiento: Costos recurrentes de mano de obra, equipamiento y materiales necesarios para garantizar que un portafolio de inversión en infraestructura se mantenga y opere correctamente.

Costos de oportunidad: Ingresos a los que se renuncia al implementar el portafolio de inversión (Verdone 2015).

Costos de transacción: Costos asociados al tiempo, el esfuerzo y los recursos destinados a buscar actores, iniciar, negociar, involucrarlos y facilitarles la celebración de acuerdos (Lile et al. 1998).

Costos evitados: Costos en los que incurrirían los gestores de la infraestructura hídrica en condiciones de línea de base, sin intervenciones de infraestructura verde (CWC 2016).

Cuenca de la que se extrae agua: Una cuenca que drena sus aguas en uno o más cuerpos de agua superficial o subterránea utilizados por un sistema de suministro de agua.

Descuento social: Descuento desde la perspectiva de la sociedad en conjunto (U.S. EPA 2010).

Descuento: Proceso de estimar el valor actual de un valor futuro o un flujo de valores futuro.

Descuentos privados: Descuentos desde la perspectiva de un individuo o una empresa privada (U.S. EPA 2010).

Incertidumbre: Describe una situación en la que la distribución de probabilidad de que ocurra un resultado no se ha estimado o es desconocida.

Infraestructura gris: Infraestructura diseñada o construida por humanos (Gartner et al. 2013). Entre los ejemplos de infraestructura construida se incluyen reservorios para el suministro de agua, centrales hidroeléctricas de embalse, presas, tuberías y plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales.

Infraestructura híbrida: Infraestructura verde en conjunto o combinada con infraestructura gris. Entre los ejemplos se incluyen lagunas de bioretención, techos verdes, jardines de lluvia, humedales construidos. Un portafolio de inversión híbrida, no obstante, se refiere a una combinación de componentes de infraestructura verde y gris, y puede incluir, por ejemplo, la restauración forestal y la construcción de plantas de tratamiento de agua.

Infraestructura verde: "Acciones destinadas a proteger, gestionar sustentablemente y restaurar ecosistemas naturales y modificados, que abordan desafíos sociales de forma efectiva y adaptativa, y proporcionan simultáneamente bienestar humano y beneficios a la biodiversidad" (Cohen-Shacham et al. 2016). La infraestructura verde también se denomina infraestructura natural, soluciones basadas en la naturaleza o adaptación basada en ecosistemas. Entre los ejemplos de infraestructura verde para la protección de cuencas de las que se extrae agua se incluyen la restauración y conservación forestal y ecosistemas, y las prácticas de gestión sustentable forestal y agrícola. La infraestructura verde también se puede aplicar a la infraestructura de suministro de agua, como por ejemplo acuíferos naturales, lagos y humedales.

Marco temporal: Período que se utiliza para el análisis. El marco temporal debe corresponder con la vida útil de los principales componentes de infraestructura gris afectados por las inversiones en infraestructura verde, ya que esto se alinea con el tiempo durante el cual es probable que los gestores de infraestructura hídrica tomen decisiones (Talberth et al. 2013a). El marco temporal también se denomina plazo de planificación.

Objetivo de inversión: El objetivo detrás de la inversión en infraestructura, expresado en términos cuantitativos, con uno o más resultados ambientales deseados (Talberth et al. 2013a).

Portafolio de inversión: Un portafolio de inversión es un conjunto exclusivo de componentes de infraestructura que podrían combinarse para abordar los objetivos de inversión y lograr los resultados ambientales deseados. El portafolio puede consistir solo en componentes de infraestructura gris, solo componentes de infraestructura verde, o una combinación de ambos (Talberth et al. 2013a).

Programa o proyecto de infraestructura verde: Un programa o proyecto que identifica, planifica o implementa intervenciones con infraestructura verde. Entre los ejemplos se incluyen programas de pagos por servicios ambientales, programas de pagos por servicios hídricos o fondos de agua.

Proveedores de agua: Propietarios, operadores y gestores de sistemas públicos y privados de suministro de agua.

Restauración forestal asistida: Una forma activa de restauración forestal, que se aplica por lo general en áreas donde la regeneración natural no es factible. Incluye intervenciones tales como la colocación de cercos, la preparación del suelo, la plantación de árboles, la aplicación de pesticidas y fertilizantes, y la irrigación (Ozment et al. 2018).

Regeneración forestal natural: Una forma pasiva de restauración forestal definida por Ozment et al. (2018) como cercar un área degradada que estaba previamente forestada para permitir que vuelva a ser un bosque.

Resultados ambientales: Resultados de las inversiones en infraestructura relacionados con el agua que pueden ser proporcionados por las inversiones en infraestructura verde o gris, tales como filtración de agua, reducción de la contaminación, recarga del acuífero o mitigación del riesgo de inundaciones. En el caso de la infraestructura verde, los resultados ambientales son similares a los servicios ecosistémicos que proporcionan los ecosistemas boscosos.

Riesgo: Describe una situación en la que se estima la distribución de probabilidad de que ocurra un resultado.

Servicios ecosistémicos: Bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas. Se clasifican por lo general en servicios de abastecimiento, de regulación, culturales y de soporte (Reid et al. 2005).

Sistema de suministro de agua: Un sistema para la recolección, transporte, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua desde la fuente hasta los consumidores (OECD 2001).

Vida útil: Tiempo durante el cual una pieza de infraestructura puede aprovecharse productivamente; también denominada vida útil.

REFERENCIAS

Abell, R., N. Asquith, G. Boccaletti, L. Bremer, E. Chapin, A. Erickson-Quiroz, J. Higgins, et al. 2017. *Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection*. Arlington, VA: The Nature Conservancy.

Alston, L.J., K. Andersson y S.M. Smith. 2013. "Payment for Environmental Services: Hypotheses and Evidence." *Annual Review of Resource Economics* 5 (1): 139–59.

American Forests. 2003. *Urban Ecosystem Analysis: San Diego*. Washington, DC: American Forests and U.S. Forest Service.

Banerjee, S., T.N. Carson, F.P. de Vries y N. Hanley. 2017. "Transaction Costs, Communication and Spatial Coordination in Payment for Ecosystem Services Schemes." *Journal of Environmental Economics and Management* 83 (May): 68–89.

Browder, G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner y G-M Lange. 2019. *Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure*. Washington, DC: World Bank and World Resources Institute.

Bullock, J.M. y H. Ding. 2018. *A Guide to Selecting Ecosystem Service Models for Decision-Making: Lessons from Sub-Saharan Africa*. Washington, DC: World Resources Institute.

Campos, J., T. Serebrisky y A. Suarez-Aleman. 2015. *Time Goes By: Recent Developments on the Theory and Practice of the Discount Rate*. Technical Note No. IDB-TN-861. Infrastructure and Environment Sector. Washington, DC: Inter-American Development Bank.

CEPEP (Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos). 2015. *Guía General para la Presentación de Estudios de Valuación Socio-Económica de Programas y Proyectos de Inversión, Análisis Costo Beneficio*. Mexico: CEPEP.

Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen y S. Maginnis. 2016. *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.

CWC (California Water Commission). 2016. *Draft Technical Reference: Water Storage Investment Program*. Sacramento, CA: CWC.

Ding, H., S. Faruqi, A. Wu, J.C. Altamirano, A. Anchondo Ortega, M. Verdone, R.C. Zamora, R. Chazdon y W. Vergara. 2017. *Roots of Prosperity: The Economics and Finance of Restoring Land*. Washington, DC: World Resources Institute.

EEA (European Environment Agency). 2015. *Water-Retention Potential of Europe's Forests: A European Overview to Support Natural Water-Retention Measures*. EEA Technical Report No. 13/2015. Luxembourg: EEA.

EDRG (Economic Development Research Group, Inc.). 2011. *Failure to Act: The Economic Impact of Current Investment Trends in Water and Wastewater Treatment Infrastructure*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

ERG (Eastern Research Group, Inc.). 2015. *A Guide to Assessing Green Infrastructure Costs and Benefits for Flood Reduction*. Silver Spring, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Coastal Management.

European Commission. 2014. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014–2020*. Brussels, Belgium: European Commission.

Feltran-Barbieri, R., S. Ozment, P. Hamel, E. Gray, H. Mansur, T. Valente, J. Ribeiro y M. Matsumoto. 2018. *Infraestrutura Natural para Água no Sistema Guandu, Rio de Janeiro*. [Natural Infrastructure for Water in Guandu System, Rio de Janeiro]. São Paulo: World Resources Institute-Brazil.

Gartner, T., J. Mulligan, R. Schmidt y J. Gunn. 2013. *Natural Infrastructure: Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States*. Washington, DC: World Resources Institute.

IPEA (Applied Economic Research Institute). 2017. *Brazilian Risk Premium Database*. <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Consultado el 15 de mayo de 2018.

Jindal, R. y J. Kerr. 2007. *USAID PES Sourcebook: Transaction Costs*. USAID PES Brief 3.4. Blacksburg, VA: U.S. Agency for International Development.

Kroeger, T., C. Klemz, D. Shemie, T. Boucher, J.R.B. Fisher, E. Acosta, P.J. Denny-Frank, et al. 2017. *Assessing the Return on Investment in Watershed Conservation: Best Practices Approach and Case Study for the Rio Camboriú PWS Program, Santa Catarina, Brazil*. Arlington, VA: The Nature Conservancy.

Lile, R., M. Powell, and M. Tolman. 1998. "Implementing the Clean Development Mechanism: Lessons from the U.S. Private-Sector Participation in Activities Implemented Jointly." Discussion Paper 99-09. Washington, DC: Resources for the Future.

Lopez, H. 2008. "The Social Discount Rate: Estimates for Nine Latin American Countries." Policy Research Working Paper 4639. Washington, DC: The World Bank.

Markandya, A. 2016. *Cost Benefit Analysis and the Environment: How to Best Cover Impacts on Biodiversity and Ecosystem Services*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

McDonald, R.I., K.F. Weber, J. Padowski, T. Boucher y D. Shemie. 2016. "Estimating Watershed Degradation over the Last Century and Its Impact on Water-Treatment Costs for the World's Largest Cities." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (32): 9117–22.

- McDonald, R.I. y D. Shemie. 2014. *Urban Water Blueprint: Mapping Conservation Solutions to the Global Water Challenge*. Washington, DC: The Nature Conservancy.
- Milne, M. 2002. *Transaction Costs of Forest Carbon Projects*, Center for International Forestry Research. Biddeford, ME: University of New England.
- Monetization Working Group. 2015. *Investment Value Decomposition—Monetization: Exercise Workbook*. <https://www.moresustainabledecisions.com/decomposition>.
- Morales, A.G., S. Ozment y E. Gray. 2019. "Natural Infrastructure for Aquifer Recharge Financial Calculator: Method, Data, and Assumptions." Technical Note. Washington, DC: World Resources Institute.
- Neary, D.G., G.G. Ice y C.R. Jackson. 2009. "Linkages between Forest Soils and Water Quality and Quantity." *Forest Ecology and Management* 258 (10): 2269–81.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2001. *Glossary of Statistical Terms*. <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2913>.
- Ozment, S., T. Gartner, H. Huber-Stearns, K. DiFrancesco, N. Lichten y S. Tognetti. 2016. *Protecting Drinking Water at the Source: Lessons from Watershed Investment Programs in the United States*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Ozment, S., R. Feltran-Barbieri, E. Gray, P. Hamel, J. Baladelli Ribeiro, S. Roiphe Barreto, A. Padovezi y T. Piazzetta Valenta. 2018. *Natural Infrastructure in São Paulo's Water System*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Ozment, S., R. Feltran-Barbieri, M. Matsumoto, E. Gray y T. Belote. Forthcoming 2019. *Natural Infrastructure in Espírito Santo's Juçu Water System*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Pascual, U., R. Muradian, L. Brander, E. Gomez-Baggethun, B. Martin-Lopez, M. Verma, P. Armsworth, et al. 2010. "The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity." En *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*, editado por Pushpam Kumar. Londres y Washington: Earthscan.
- Pearce, D., G. Atkinson y S. Mourato. 2006. *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Polasky, S. y S. Binder. 2012. "Valuing the Environment for Decisionmaking." *Issues in Science and Technology* 28 (4): 53–62.
- Pure H2O. 2019. *Estimation Cost of Water for Drinking Water Treatment Plant*. <http://pure-h2o-learning.eu/units-of-learning-outcomes/ulo5/363-chapter-12-economics-of-drinking-water?showall=&start=5..>
- Reid, W.V., H.A. Mooney, A. Cropper, D. Capistrano, S.R. Carpenter, K. Chopra, P. Dasgupta, et al. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Rodriguez-Osuna, V., J. Borner, U. Nehren, R. Bardy Prado, H. Gaese y J. Heinrich. 2014. "Priority Areas for Watershed Service Conservation in the Guapi-Macacu Region of Rio de Janeiro, Atlantic Forest, Brazil." *Ecological Processes* 3 (16): 1–21.
- Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). 2011a. *Elaboração de Projetos: Considerações Gerais*. São Paulo: Sabesp.
- Sabesp. 2011b. *Weighted Average Cost of Capital: Sabesp's Contribution to the Basic Sanitation Public Consultation 01/11*. São Paulo: Sabesp.
- Talberth, J., E. Gray, L. Yonavjak y T. Gartner. 2013a. "Green Versus Gray: Nature's Solutions to Infrastructure Demands." *Solutions* 4 (1): 40–47.
- Talberth, J., J. Mulligan, B. Bird y T. Gartner. 2013b. *A Preliminary Green-Gray Analysis for the Cache le Poudre and Big Thompson Watersheds of Colorado's Front Range*. Lake Oswego, OR: Center for Sustainable Economy and World Resources Institute.
- Verdone, M. 2015. *A Cost-Benefit Framework for Analyzing Forest Landscape Restoration Decisions*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.
- Waite, R., L. Burke, E. Gray, P. van Beukering, L. Brander, E. McKenzie, L. Pendleton, et al. 2014. *Coastal Capital: Ecosystem Valuation for Decision-Making in the Caribbean*. Washington, DC: World Resources Institute.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2010. *Guidelines for Preparing Economic Analyses*. Washington, DC: U.S. EPA.

RECONOCIMIENTOS

Nos complace agradecer a nuestros socios estratégicos institucionales que proporcionan el financiamiento principal a WRI: Ministerio de Asuntos Exteriores de los Países Bajos, Real Ministerio Danés de Asuntos Exteriores y Agencia Sueca Internacional de Cooperación para el Desarrollo.

Este informe fue posible gracias al generoso apoyo de la Fundación FEMSA. Este documento de trabajo se basa en las experiencias colectivas de una serie de estudios realizados en asociación entre World Resources Institute (WRI), Fundación FEMSA, Nature Conservancy, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Instituto BioAtlántica, Fundación Grupo Boticário de Protección a la Naturaleza y Proyecto Capital Natural (NatCap). Nuestro agradecimiento a estos socios por sus contribuciones.

Los revisores de este documento de trabajo proporcionaron comentarios y pautas invaluable que fortalecieron el informe considerablemente. Expresamos nuestra sincera gratitud a las siguientes personas por el tiempo y el esfuerzo destinados a la revisión y el control de calidad: Helen Mountford (WRI), Todd Gartner (WRI), Betsy Otto (WRI), David Moreno (FEMSA), Helen Ding (WRI), Jack McClamrock (WRI), James Mulligan (WRI), Laura Malaguzzi Valeri (WRI), Michelle Manion (WRI), Rowan Schmidt (Earth Economics), Timm Kroeger (TNC), Andrew Wu (WRI), Robyn McGuckin (WRI), y Mai Ichihara (Yale School of Forestry and Environmental Studies).

Los gráficos, la revisión y el diseño de este informe estuvieron a cargo de Caroline Taylor, Lauri Scherer, Shannon Collins y Carni Klirs.



ACERCA DE LOS AUTORES

Erin Gray es economista del Centro Financiero de World Resources Institute.
Contacto: egray@wri.org

Suzanne Ozment es asociada sénior del Proyecto de Infraestructura Natural de World Resources Institute.
Contacto: sozment@wri.org

Juan-Carlos Altamirano es economista del Centro Financiero de World Resources Institute.
Contacto: jcaltamirano@wri.org

Rafael Feltran-Barbieri es economista del Programa de Bosques de World Resources Institute Brasil.
Contacto: rafael.barbieri@wri.org

Ana Gabriela Morales es gerente de Gestión Hídrica y Resiliencia Urbana de World Resources Institute México.
Contacto: gabriela-morales@wri.org

ACERCA DE WRI

El Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) es una organización técnica global que convierte las grandes ideas en acciones en la intersección entre la conservación del medio ambiente, las oportunidades económicas y el bienestar humano.

Nuestro desafío

Los recursos naturales son la esencia de la oportunidad económica y el bienestar humano. Pero hoy en día, estamos agotando los recursos de la Tierra a velocidades que no son sostenibles, poniendo en peligro las economías y las vidas de las personas. Las personas dependen del agua limpia, los suelos fértiles, los bosques saludables y un clima estable. Las ciudades habitables y la energía limpia son esenciales para tener un planeta sostenible. Debemos abordar estos desafíos urgentes y globales en esta década.

Nuestra visión

Vislumbramos un planeta equitativo y próspero impulsado por la sabia gestión de los recursos naturales. Aspiramos a crear un mundo en donde las acciones del gobierno, los negocios y las comunidades se combinen para eliminar la pobreza y tener un medio ambiente natural sostenible para todas las personas.



Copyright 2019 World Resources Institute. Este trabajo está registrado bajo la licencia internacional de Creative Commons Attribution 4.0.
Para ver una copia de la licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>